

PRIJEDLOG UNAPRJEĐENJA PRAVILNIKA O ZAŠTITI OD ELEKTROMAGNETSKIH POLJA PROPOSAL FOR REVISING THE CROATIAN REGULATIONS ON PROTECTION FROM ELECTROMAGNETIC FIELDS

Egon Mileusnić, dipl. ing.,
Vincenta iz Kastva 2, 10000 Zagreb, Hrvatska

Hrvatski Pravilnik o zaštiti od elektromagnetskih polja u nekim svojim dijelovima, propisuje znatno strože zahtjeve od Smjernica ICNIRP, Preporuke Europske unije 1999/519/EC i Direktive Europske unije 2004/40/EC. Iznose se načelne zamjerke na Pravilnik o zaštiti od elektromagnetskih polja i daje se usporedba s istovrsnim aktima drugih država. Razmatra se pitanje jesu li neki zahtjevi Pravilnika pretjerano strogi. Provedenim proračunima pokazano je da su granične vrijednosti jakosti električnog polja za područje povećane osjetljivosti i područje profesionalne izloženosti određene prenisko i predlaže se preuzimanje vrijednosti utvrđenih Preporukom i Direktivom Europske unije. U članku se ne negiraju stanovite mjere opreza, niti načelo opreznosti, već se ukazuje na određenu nedovoljno objašnjenu strogost u normiranju. Daje se prijedlog za izmjene i dopune postojećeg Pravilnika.

Some parts of the Croatian Regulations on Protection from Electromagnetic Fields are considerably more restrictive than the Guidelines of the International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP), Recommendation 1999/519/EC of the Council of the European Union and Directive 2004/40/EC of the European Parliament and Council. A general critique of the Croatian Regulations on Protection from Electromagnetic Fields is presented, together with comparison to similar legislation in other countries. The question is discussed whether some of the requirements of the Regulations are excessively restrictive. Calculations demonstrate that limit values have been set too low regarding the strength of electric fields for area of intensified sensitivity and area of occupational exposure. It is suggested that the values that have been established by the Recommendation and Directive of the European Union should be used. The article does not dispute certain precautionary measures or the precautionary principle but points out that there is insufficient explanation for the strictness of the norms. A proposal is presented for amendments to the existing Regulations.

Ključne riječi: elektromagnetsko polje posebno niskih frekvencija, područje povećane osjetljivosti, područje profesionalne izloženosti, referentna veličina, temeljno ograničenje, zakonodavna regulativa
Key words: area of intensified sensitivity, area of occupational exposure, basic restriction, extremely low frequency electromagnetic field, legislative regulations, reference level



1 UVOD

Hrvatski Pravilnik o zaštiti od elektromagnetskih polja (Pravilnik) u nekim svojim dijelovima, propisuje znatno strože zahtjeve od Smjernica ICNIRP, Preporuke Europske unije 1999/519/EC i Direktive Europske unije 2004/40/EC. Ovo pitanje zaslužuje pažnju i zahtijeva određenu razradu, posebno i zbog toga što se HEP d.d. već tijekom sastavljanja Pravilnika u više navrata žalio i upozoravao na neke prestroge zahtjeve. Pravilnik je donijelo Ministarstvo zdravstva i socijalne skrbi Republike Hrvatske [1], [2], [3] i [4].

Odmah treba naglasiti da Pravilnik nije u suprotnosti s navedenim Smjernicama, Preporukom i Direktivom. Sva ta tri dokumenta ne dopuštaju više razine za pojedina polja, ali dopuštaju nacionalnim organima ili institucijama da propisuju strože zahtjeve, kao što je urađeno u hrvatskom Pravilniku.

Ovaj članak razmatra isključivo električna i magnetska polja krajnje niskih frekvencija, 50 Hz E/M polja, i to za područje povećane osjetljivosti (opća populacija) i područje profesionalne izloženosti (profesionalno osoblje). U tablici 1 prikazane su utvrđene jakosti električnih i magnetskih polja u gore navedenoj Preporuci, Direktivi i Smjernicama te odredbama Pravilnika.

1 INTRODUCTION

Some parts of the Croatian Regulations on Protection from Electromagnetic Fields (Regulations) stipulate significantly more restrictive demands than the Guidelines of the International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP), Recommendation 1999/519/EC of the Council of the European Union and Directive 2004/40/EC of the European Parliament and Council. This matter warrants attention and requires some elaboration, especially because HEP d.d., even during the compilation of these Regulations, has on several occasions lodged complaints and called attention to several requirements that are excessively strict. These Regulations were adopted by the Ministry of Health and Social Welfare of the Republic of Croatia [1], [2], [3] and [4].

It should be emphasized immediately that the Regulations are not contrary to the cited Guidelines, Recommendation and Directive. All three of these documents do not permit higher levels for individual fields but they do permit the national organs or institutions to stipulate stricter requirements, as have been stipulated in the Croatian Regulations.

This article is exclusively concerned with extremely low frequency electric and magnetic fields, 50 Hz E/M fields, for area of intensified sensitivity (general population) and area of occupational exposure (professional employees). In Table 1, the established strengths of electric and magnetic fields in the previously mentioned Recommendation, Directive and Guidelines, and the provisions of the Croatian Regulations are presented.

Tablica 1 – Granične vrijednosti jakosti električnih i magnetskih polja frekvencije 50 Hz
Table 1 – Limit values for the strength of 50 Hz electric and magnetic fields at a frequency of 50 Hz

Područje / Area	Preporuka / Recommendation 1999/519/EC		Direktiva / Directive 2004/40/EC		Smjernice / Guidelines ICNIRP		Pravilnik / Regulations NN 204/2003	
	<i>E</i> (kV/m)	<i>B</i> (μT)	<i>E</i> (kV/m)	<i>B</i> (μT)	<i>E</i> (kV/m)	<i>B</i> (μT)	<i>E</i> (kV/m)	<i>B</i> (μT)
Opća populacija / General population	5,0	100	5,0	100	5,0	100	2,0	40
Profesionalno osoblje / Professional employees	10,0	500	10,0	500	10,0	500	5,0	100

Za prosudbu o realnosti propisanih graničnih vrijednosti rađena je usporedba sa stvarnim izmjenjenim vrijednostima jakosti električnih polja i magnetske indukcije odgovarajućih izvora polja.

Na kraju iznosi se prijedlog izmjena i dopuna postojećeg Pravilnika, što je bio osnovni cilj ovog članka.

In order to assess whether the stipulated limit values are realistic, they were compared to actually measured values of the strength of electric fields and the magnetic induction of the corresponding sources of the fields.

At the conclusion of this article, a proposal for amendments to the existing Regulations is presented, which was the basic purpose of this article.

2 OSNOVNE POSTAVKE

Znanstvenici i biolozi diljem svijeta provode intenzivna istraživanja utjecaja elektromagnetskih polja preko trideset godina. Rezultati studija nisu do sada pouzdano potvrdili izravnu vezu između izlaganja nisko frekventnim elektromagnetskim poljima manjeg intenziteta i broja oboljelih promatrane populacije. Opći je zaključak da izvjestan utjecaj niskofrekventnih elektromagnetskih polja na zdravlje postoji, ali je on za sada skriven u statističkim kolebanjima malog broja prirodnih slučajeva oboljenja.

Najveći problem i neizvjesnost u svim tim istraživanjima je u tome što znanost nije mogla do sada dati vjerodostojne podatke o oštećenjima zdravlja glede trajanja izloženosti u takvim poljima [2]. Ta činjenica najbolje se ogleda u pregledu graničnih vrijednosti izloženosti elektromagnetskim poljima krajnje niske frekvencije za opću populaciju u zakonodavstvu raznih država (tablica 2). Raspon graničnih vrijednosti za dopuštenu magnetsku indukciju u području povećane osjetljivosti (opća populacija) iznosi od 1,0 μ T (Švicarska) do 1 600 μ T (Engleska), dakle 1:1600 [5]. U području elektrotehnike nije moguće prihvatiti takav raspon za konačno rješenje, a vjerojatno tako i za medicinu i ekologiju.

Treba ukazati na još jednu činjenicu. Takva pravila pripremaju povjerenstva (komisije) u kojima surađuju ljudi raznih struka i zanimanja. U pomanjkanju objektivnih znanstvenih podataka i kriterija moguća su vrlo subjektivna rješenja ili čak manipulacije.

Kao što je u uvodu napisano, predmet razmatranja su isključivo elektromagnetska polja frekvencije 50 Hz, te njihov utjecaj na opću populaciju. Izvori polja su elektroenergetski objekti: nadzemni vodovi, kabeli, transformatorske stanice, rasklopna postrojenja te električne instalacije i aparati u kući, u uredima i u radionicama.

Drugi, također značajan predmet razmatranja su ograničenja utjecaja elektromagnetskih polja na zaposlenike prigodom radova na nadzemnim i ispod nadzemnih vodova koji su u pogonu, te radova u postrojenjima visokog napona, koja su također u pogonu.

S ciljem što objektivnijeg sagledavanja zahtjeva za ograničavanje utjecaja elektromagnetskih polja i davanja nepristrane procjene u odnosu prema stvarnom stanju, u članku će se dati:

2 BASIC POSTULATES

Scientists and biologists throughout the world have intensively researched the influence of electromagnetic fields for over thirty years. The results of these studies up to now have not reliably confirmed a direct connection between exposure to electromagnetic fields of low frequency and intensity and the rate of illness in the observed population. The general conclusion is that there is a certain effect from low frequency electromagnetic fields upon health but for now it is concealed within fluctuations in health statistics of naturally occurring diseases.

The greatest problem in all these investigations is that up to now science has not been able to provide reliable data on injury to health that is correlated with the duration of exposure to such fields [2]. This fact is best reflected in a review of the limit values for the general population to extremely low frequency electromagnetic fields in the legislation of various countries (Table 2). The range of the limit values for permitted exposure to magnetic induction in area of intensified sensitivity (general population) is from 1,0 μ T (Switzerland) to 1 600 μ T (England), i.e. 1:1600 [5]. In electrical engineering, it is not possible to accept such a range as a definitive solution, as is probably also the case in medicine and ecology.

It is necessary to point out one more fact. Such regulations are prepared by commissions comprised of participants from various professions and occupations. In the absence of objective scientific data and criteria, highly subjective solutions and even manipulations are possible.

As stated in the introduction, the discussion exclusively refers to 50 Hz electromagnetic fields; the sources of which are electric power facilities: overhead power lines, cables, transformer substations, switchyards, electrical installations, household appliances, office equipment, and workshop machinery; and their impact upon the general population.

Another significant subject that is considered is the limitation on the occupational exposure of workers to electromagnetic fields while working on overhead and under overhead energized power lines, and work in energized high voltage substations.

With the goal of providing a maximally objective review of the requirements for the limitation of exposure to electromagnetic fields, and an unbiased assessment of the actual situation, this article will present the following:

- pregled graničnih vrijednosti izloženosti elektromagnetskim poljima krajnje niske frekvencije za opću populaciju i za profesionalno osoblje u zakonodavstvu raznih država,
- usporedba izmjerenih stvarnih jakosti električnih polja u području povećane osjetljivosti sa zahtjevima za ograničenje u Pravilniku,
- usporedba izmjerenih stvarnih jakosti električnih polja u području profesionalne izloženosti sa zahtjevima za ograničenje u Pravilniku,
- procjena kritičnih lokacija, odnosno izvora polja, gdje stvarno izmjerene vrijednosti elektromagnetskog polja nadmašuju propisana ograničenja s komentarom.
- a review of the limit values upon exposure to extremely low frequency electromagnetic fields for general population and professional employees in the legislation of various countries,
- comparison of the measured actual strengths of electric fields in area of intensified sensitivity to the requirements for restrictions stipulated in the Regulations,
- comparison of the measured actual strengths of the electric fields in area of occupational exposure to the requirements for restrictions stipulated in the Regulations, and
- assessments of critical locations, i.e. sources of fields, where the actual measured values of the electromagnetic fields exceed the stipulated limits, with commentary.

Postoji stanovita razlika u načinu obrade utjecaja magnetskih i električnih polja. Odredbe za utjecaj magnetskih polja propisane u Pravilniku nisu sporne, te zbog dužine članka nisu obrađivane, izuzev općih zaključaka (poglavlje 5).

U članku se posebno ne razmatraju vrlo šaroliki te neujednačeni rezultati zdravstvenih i posebno epidemioloških studija. U članku se ne negiraju stanovite mjere opreza, niti načelo opreznosti, već se ukazuje na određenu nedovoljno objašnjenu strogost u normiranju.

There is a difference in the approach toward the effects from magnetic fields and electric fields. The provisions for the effect of magnetic fields stipulated in the Regulations are not disputed, and due to the length of the article are not discussed, except in the general conclusions (Chapter 5).

The article does not contain a separate discussion of the highly varied results of health and epidemiological studies. The article does not dispute certain precautionary measures or the precautionary principle but points out that there is insufficient explanation for the strictness of the norms.

3 NAČELNE PRIMJEDBE NA PRAVILNIK

Na Pravilnik se mogu staviti sljedeće primjedbe:

- 1) Danas u svijetu uz razne smjernice, preporuke i propise redovito se objavljuju komentari, često vrlo opsežni. Primjerice, u ovom slučaju ICNIRP, Vijeće Europe ili općenito DIN-VDE i mnogi drugi. Neobjavljivanje takvih komentara kod nas, nije, nažalost, usamljen slučaj, prije bi se moglo reći da je redovita praksa. Državni organ kada propisuje da nešto mora tako biti dužan je obrazložiti zašto to mora biti baš tako. Pogotovo je to značajno u ovom Pravilniku, jer su ograničenja dva do pet puta stroža od referentnih veličina iz Smjernica ICNIRP ili Preporuke Vijeća Europe. Bio bi to pošten, stručno korektan i demokratski postupak prema svojim državljanima.
- 2) U Pravilniku se koristi naziv **referentna veličina** za ograničenje utjecaja elektromagnetskih polja za područje profesionalne izloženosti i za područje povećane osjetljivosti, koji je pogrešno odabran.

3 BASIC CRITICISMS OF THE REGULATIONS

It is possible to make the following criticisms of the Regulations:

- 1) Today in the world, in addition to various guidelines, recommendations and stipulations, commentaries are regularly published which are frequently very comprehensive, for example, the International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP), the Council of Europe, DIN-VDE Standards and many others. That such commentaries have not been published in our country is not, unfortunately, an isolated case and it could be said that it is regular practice. When the state organ stipulates that something must be a certain way, it is required to explain why it must be just that way. This is particularly relevant regarding these Regulations because the limits are two to five times stricter than the reference levels of the Guidelines of the ICNIRP or the Recommendation of the Council of Europe. Providing an explanation to the citizens would be honest, professional and democratic.

U smjernicama *Guidelines for Limiting Exposure to Time-varying Electric, Magnetic and Electromagnetic Fields* (up to 300 GHz), ICNIRP 1998 prikazan je način utvrđivanja temeljnih ograničenja (*basic restrictions*) i referentnih veličina (*reference levels*). Sva ta ograničenja zasnivaju se na tzv. **potvrđenim učincima**, znanstveno dokazanim djelovanjima električnih i magnetskih polja na ljudski organizam (posebice na nervni sustav).

Utvrđeno je da gustoća električne struje u tijelu (J), u iznosu oko 100 mA/m² izaziva takve učinke. Iz razloga sigurnosti uzet je faktor 10, pa je za profesionalno osoblje utvrđena temeljna granična vrijednost 10 mA/m². Za opću populaciju (područje posebne osjetljivosti), iz posebnih mjera opreza pridodan je još faktor sigurnosti 5, te je utvrđena temeljna granična vrijednost 2 mA/m².

Temeljna ograničenja gustoće struje u tijelu (J) izražena s jedinicom mA/m² vrlo su neprikladna za praksu, teško i složeno se izračunavaju, te su uvedene referentne veličine. Referentne veličine su zapravo približno jednake temeljnim ograničenjima (mA/m²), samo izražene u drugim fizikalnim veličinama (E , H i B). Jakosti električnih polja (E), magnetskih polja (H) i magnetske indukcije (B) mnogo se jednostavnije i laganije mjere nego gustoća struje u tijelu (J). Ove referentne veličine dobivene su iz temeljnih ograničenja složenim proračunima, modeliranjem i estimacijom.

To konkretno znači: gustoću struje u tijelu od 10 mA/m² stvorit će električno polje jakosti približno od 10 kV/m ili magnetska indukcija od približno 500 μT. Slično vrijedi i za opću populaciju. Gustoću struje od 2 mA/m² stvara električno polje približne jakosti od 5 kV/m ili magnetska indukcija od 100 μT. Dobivene su fizikalne veličine vrlo prikladne za nadzor. Zato je izabran naziv referentne veličine jer su one odnosne veličine prema temeljnim ograničenjima. Između njih postoji čvrst odnos. Onog trenutka kada neko državno tijelo ili neka institucija propiše neke manje ili veće vrijednosti od navedenih referentnih veličina, a da istodobno ne propiše odgovarajuća nova temeljna ograničenja, od tog trenutka to prestaju biti referentne veličine i postaju neka posebna ograničenja. Pravilnik mijenja referentne veličine, ali zadržava temeljna ograničenja iz Smjernica ICNIRP. Zbog toga se u Pravilniku ne smiju te propisane strože veličine nazivati referentne veličine. Mora se odabrati drugi naziv, primjerice – granične vrijednosti. Od devet država Europe, koje su

- 2) In the Regulations, the term **reference levels** is used for the restriction of the effect of electromagnetic fields in area of occupational exposure and area of intensified sensitivity. This term has been incorrectly chosen.

In the *Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic and Electromagnetic Fields* (up to 300 GHz), ICNIRP 1998, the manner is shown for determining the basic restrictions and reference levels. All these restrictions are based on the so-called **confirmed effects**, scientifically demonstrated effects of electric and magnetic fields on the human organism (particularly the nervous system).

It has been determined that current density in the body (J) of approximately 100 mA/m² provokes such effects. The factor of 10 has been taken for safety reasons, so that for professional employees the basic limit value of 10 mA/m² has been determined. For general population exposure (area of intensified sensitivity), due to precautionary measures a safety factor of 5 has been added, so that the determined value limit is 2 mA/m².

Basic restrictions on current density in the body (J), expressed by the unit mA/m², are highly inconvenient in practice, difficult and complex for calculation. Therefore, reference levels have been introduced. Reference levels are actually nearly equivalent to the basic restrictions (mA/m²), except that they are expressed in other physical values (E , H and B). The strengths of electric fields (E), magnetic fields (H) and magnetic induction (B) are much simpler and easier to measure than current density in the body (J). These reference levels are obtained from the basic restrictions through complex calculations, modeling and estimates.

This means that a current density in the body of 10 mA/m² will create an electric field of an approximate strength of 10 kV/m or magnetic induction of approximately 500 μT. The same applies to the general population. A current density of 2 mA/m² creates an electric field of an approximate strength of 5 kV/m or magnetic induction of 100 μT. The physical values obtained are very convenient for monitoring. Therefore, the term reference levels was chosen because these levels are closely related to the values of basic restrictions. At the moment when a state body or institution stipulates lower or higher values than the cited reference levels, and at the same time does not stipulate corresponding new basic restrictions, they stop being reference levels and become separate restrictions. The Regulations change the

utvrdile strože vrijednosti od ICNIRP-a, samo se u hrvatskom Pravilniku koristi krivi naziv.

- 3) U Smjernicama ICNIRP, Preporuci 1999/519/EC i Direktivi 2004/40/EC, postoji **uputa** koja kaže da u slučaju prekoračenja referentnih veličina, to ne mora značiti i prekoračenje temeljnih ograničenja. U takvom slučaju treba izračunima utvrditi razinu izloženosti u veličinama temeljnog ograničenja. Ako je tada temeljna razina prekoračena treba poduzeti određene mjere. Postupak je potpuno pravno čist, postoji **samo jedna** mjerodavna vrijednost.

U Pravilniku to nije slučaj. U člancima 5. i 6. dana je zabrana prekoračenja temeljnih ograničenja. U člancima 7. i 10. dana je zabrana prekoračenja graničnih vrijednosti (referentnih veličina) za područje profesionalne izloženosti i područje povećane osjetljivosti. Nema nikakve povezanosti između temeljnih ograničenja i propisanih graničnih vrijednosti. Nema nikakvih uputa za slučaj prekoračenja graničnih vrijednosti. Pravno gledajući postoje **istodobno dva** različita zahtjeva za isti događaj.

Pozivanje na zadnju rečenicu u točki 3, članka 2. Pravilnika vrijedi samo ako vrijednosti nisu prekoračene. U slučaju prekoračenja, tzv. referentnih veličina to ne vrijedi, jer ne postoji poveznica s temeljnim ograničenjima. To se lako dokaže sljedećim primjerom.

Neka u nekoj stambenoj zgradi koja pripada u područje povećane osjetljivosti bude utvrđena jakost magnetske indukcije 50 μT , te je prekoračena vrijednost od 40 μT . Zbog linearnog odnosa između gustoće struje u tijelu (J) i magnetske indukcije (B) za frekvencijsko područje od 50 Hz i uz konstantnu magnetsku provodljivost vrijedi:

reference levels but retain the basic restrictions from the Guidelines of the ICNIRP. Therefore, these stricter levels should not be called reference levels in the Regulations. Another name should be chosen, for example – limit values. Of the nine countries of Europe that have established stricter values than those of the ICNIRP, it is only in the Croatian Regulations that the incorrect term is used.

- 3) In the Guidelines of the ICNIRP, Recommendation 1999/519/EC and Directive 2004/40/EC, there are instructions that stipulate that in the event that the reference levels are exceeded, this need not signify that the basic restrictions have also been exceeded. In such a case, it is necessary to perform computations in order to determine the level of exposure in the values of the basic restrictions. If the basic levels are exceeded, certain measures must be undertaken. The procedure is completely legal and there is **only one** authoritative value.

This is not the case in the Regulations. In Articles 5 and 6, it is prohibited to exceed the basic restrictions. In Articles 7 and 10, it is prohibited to exceed the limit values (reference levels) for area of occupational exposure and area of intensified sensitivity. There is no connection whatsoever between the basic restrictions and the stipulated limit values. There are no instructions whatsoever in the event of exceeding limit values. From the legal standpoint, there are **simultaneously two** different requirements for the same event.

The last sentence in item 3 of Article 2 of the Regulations is only valid if the values have not been exceeded. In the event that these so-called reference values are exceeded, it is invalid because there is no link to the basic restrictions. This is easily demonstrated by the following example.

Let us say that in a residential building that is located in an area of intensified sensitivity, magnetic induction strength of 50 μT has been determined and the value of 40 μT has been exceeded. Due to the linear relation between the current density in a body (J) and magnetic induction (B) for a frequency of 50 Hz, and with constant magnetic conductivity:

$$10 \text{ mA/m}^2 : 500 \mu\text{T} = 2 \text{ mA/m}^2 : 100 \mu\text{T} = X \text{ mA/m}^2 : 50 \mu\text{T}$$

i zatim:

and subsequently:

$$X = 2 \times 50/100 = 1 \text{ mA/m}^2.$$

Prema tome u tijelima ljudi izloženih magnetskoj indukciji od 50 μT stvara se gustoća struje od 1 mA/m^2 , a to je dvostruko manje od zadane vrijednosti temeljnog ograničenja. Zaključak je jasan: postoji dvojnost u zahtjevima i **moraju se** iz pravilnika brisati **temeljna ograničenja** i sve odredbe vezane uz njih. Uvrštavanje tih temeljnih ograničenja u Pravilnik nema nikakve svrhe i stvara samo zbrku. Od devet država, koje su utvrdile strože vrijednosti od ICNIRP-a, samo su u hrvatskom Pravilniku nepotrebno uvrštena temeljna ograničenja.

- 4) U Pravilniku **nema kaznenih odredbi**, niti ima direktnih poveznica koje bi upućivale da postoje kaznene odredbe za nepoštivanje tog Pravilnika u Zakonu o zaštiti od neionizirajućeg zračenja. U preambuli Pravilnika postoji poveznica sa Zakonom o zaštiti od neionizirajućeg zračenja u kojoj se spominju članci 10., 13., 14. i 19. ali se ne spominju članci 28., 29. i 30. u kojima su kaznene odredbe. U prekršajnom ili kaznenom sudskom postupku neznanje o postojanju ovih kaznenih odredbi nije opravdanje. U općim odredbama Pravilnika bio bi koristan jedan stavak koji bi ukazivao na postojanje kaznenih odredbi u Zakonu [6].
- 5) U članku 2., točka 20 b dana je definicija područja povećane osjetljivosti, koja nije dovoljno jasno utvrđena. Potrebno bi bilo istaknuti da u taj prostor pripadaju prostorije u školama, ustanovama predškolskog odgoja, itd. Ovo je vrlo bitno zbog utvrđivanja mjesta mjerenja. U svim tim slučajevima između tih prostorija i izvora polja nalazi se zid, koji će u većoj ili manjoj mjeri umanjiti jakost električnog ili magnetskog polja. To je utjecaj **zaslona** koji mora biti obuhvaćen određenim faktorom. Taj prijedlog je pobiže razrađen u potpoglavlju 6.5 ovog člana.
- 6) U članku 25. Pravilnika propisuju se periodička mjerenja najmanje svake **druge godine**. Kakve to, tehnički gledano, imaju svrhe bilo kakva periodička mjerenja, primjerice za jedan nadzemni vod ili transformatorsku stanicu, ako se ne može mijenjati napon, presjek vodiča ili ako se ne mijenja snaga transformatora. Električna polja su čvrsto vezana uz napon, a magnetska polja uz struju. Svi izračuni ili

Accordingly, in the bodies of persons exposed to magnetic induction of 50 μT , 1 mA/m^2 current density is created, which is twice as low as the given values for the basic restrictions. The conclusion is clear: there is duality in the requirements and the basic restrictions must be revoked, together with all the provisions connected with them. Including these basic restrictions in the Regulations has no purpose whatsoever and only creates confusion. Of the nine countries that have determined stricter values than those of the ICNIRP, it is only in the Croatian Regulations that the basic restrictions have been unnecessarily included.

- 4) In the Regulations, **there are no penalty clauses**, and there are also no direct links to indicate that penalty clauses exist in the Protection from Non-Ionizing Radiation Act for failure to respect these Regulations. In the preamble to the Regulations, there is a link to the Protection from Non-Ionizing Radiation Act in which Articles 10, 13, 14 and 19 are mentioned, but there is no mention of Articles 28, 29 and 30, in which there are penalty clauses. In misdemeanor or criminal proceedings, ignorance of the existence of these penalty clauses is no excuse. In the general provisions of the Regulations, the insertion of a paragraph would be useful which would refer to the existence of penalty clauses in the Act [6].
- 5) In Article 2, Item 20 b, a definition of area of intensified sensitivity is provided that is not sufficiently clear. It would be necessary to point out that such places include schools, preschools etc. This is very important due to the determination of the measuring sites. In all these cases, there is a wall between these areas and the sources of the fields, which will to a greater or lesser extent reduce the strength of the electric or magnetic field. This is the impact of a **screen**, which must be taken into consideration by a specific factor. This proposal is discussed in detail in Sub-Heading 6.5 of this article.
- 6) In Article 25 of the Regulations, periodical measurement at least **every other year** is stipulated. From the technical aspect, what would be the purpose of any periodical measurement, for example, of an overhead power line or transformer substation, if it is

mjerjenja magnetske indukcije trebaju biti svedena na trajno dopuštenu struju vodiča. Ako se ne mijenjaju uzročnici ne mijenjaju se ni elektromagnetska polja, ovdje **nema starenja ni ikakve degradacije** osnovnih karakteristika opreme vezane uz vrijeme korištenja. Bilo kakva **periodička mjerjenja** iz tog razloga **nemaju nikakve svrhe**. Obvezatno mjerenje ima svrhu samo nakon rekonstrukcije objekta, pri kojoj dolazi do eventualne zamjene onih elemenata postrojenja koji izazivaju promjene jakosti elektromagnetskog polja (primjerice zamjena transformatora). Ni u jednom dostupnom zakonskom aktu ili smjernicama drugih država, izuzev Slovenije (ako je iz tehnoloških razloga potreban monitoring), nisu pronađeni zahtjevi za periodička mjerjenja.

- 7) U članku 26. Pravilnika određuje se kao značajna i meritorna vrijednost od 10 % iznosa graničnih vrijednosti određenih u člancima 7., 8., 10., 11. i 13. za eventualno oslobađanje od daljnjih mjerjenja. Ako se tijekom dva uzastopna mjerjenja izmjere vrijednosti **manje od 10 %** iznosa graničnih vrijednosti, korisnik ili vlasnik može zatražiti oslobađanje od daljnjih mjerjenja. Nije poznato ni jasno odakle je dobiven podatak od 10 %. Niti u jednom dostupnom službenom dokumentu drugih država nije nađen sličan podatak. Za krajnje nisko frekventno područje 50 Hz ovaj zahtjev treba **ukinuti**.
- 8) Nije poznato što je s najavljenim propisom o dopuštenom trajanju boravka profesionalnog osoblja u području izloženosti s višim vrijednostima od graničnih vrijednosti prema članku 7., stavku 2., a prošlo je već tri godine od objavljivanja Pravilnika. Ovaj problem je trebalo riješiti u samom Pravilniku, a ne prolongirati rješenje u nedogled. Takve odredbe su bitne za HEP.
- 9) Hrvatska ima čak dva pravilnika o zaštiti populacije od elektromagnetskih polja uzrokovanih radijskom i telekomunikacijskom terminalnom opremom. Prvi, koji je predmet ovog članka, a proizvod je Ministarstva zdravstva i socijalne skrbi, a drugi je objavilo Ministarstvo mora, turizma, prometa i razvitka [7]. Pravilnici se među sobom bitno razlikuju. Drugi pravilnik jasno daje do znanja u članku 4., kako je urađen u skladu s Direktivom Europske unije 1999/5/EC i Preporukom Europske unije 1999/519/EC. Temeljna ograničenja i referentne veličine su u potpunosti identične onima navedenim u Preporuci Europske unije. Pravilnik Ministarstva zdravstva i socijalne

not possible to change the voltage or conductor cross-section, or if the transformer power rating does not change? Electric fields are firmly connected to voltage and magnetic fields are connected to current. All the calculations or measurements of magnetic induction should be reduced to the allowable continuous current of the conductor. If the sources do not change, the electromagnetic fields do not change. There is **no aging or any type of degradation** of the basic characteristics of the equipment connected with the duration of use. Any **periodical measurements** whatsoever for this reason **have no purpose**. Mandatory measurement only has a purpose after the reconstruction of an object, which could result in eventual replacements of those elements in installations that cause changes in the strength of the electromagnetic field (for example, replacement of a transformer). Requirements for periodical measurements have not been found in a single available legal act or guideline in other countries, with the exception of Slovenia (if monitoring is required for technical reasons).

- 7) Article 26 of the Regulations stipulates the significant and suitable value of 10 % of the amount of the limit values determined in Articles 7, 8, 10, 11 and 13 for eventual exemption from further measurement. If values **lower than 10 %** are measured during two consecutive measurements, the user or owner may seek exemption from further measurement. It is neither known nor clear from where the figure of 10 % is obtained. Similar data cannot be found in a single available official document from other countries. For the extremely low frequency of 50 Hz, this requirement should be **revoked**.
- 8) It is not known what happened regarding an announced provision on the permitted duration of occupational exposure in places with values higher than the limit values according to Article 7, Paragraph 2. Three years have already elapsed since the publication of the Regulations. This problem should have been resolved in the Regulations themselves, and the solution should not have been prolonged indefinitely. Such provisions are essential for HEP.
- 9) Croatia has two regulations on the protection of the population from electromagnetic fields caused by radio and telecommunications terminal equipment. The first, that is the subject of this article, was prepared by the Ministry of Health and Social Welfare, and the second was prepared by the Ministry of the Sea, Tourism, Transport and Development [7]. These regulations differ from each other significantly.

skrbi i za ovo područje propisuje 2,5 puta strože vrijednosti bez ikakvih objašnjenja.

Postavlja se ozbiljno pitanje koji je pravilnik vrijedeći. Ovaj članak ne može ponuditi rješenje, izuzev apela na bolju koordinaciju između ministarstava.

4 ZAKONSKA REGULATIVA RAZNIH DRŽAVA

Kako bi se omogućio što bolji pregled i šire sagledavanje jednog od važnih segmenata aktivnosti na smanjenju štetnih učinaka elektromagnetskih polja na zdravlje ljudi, a to su zakonske regulative, urađen je pregled propisanih graničnih vrijednosti električnih i magnetskih polja za opću populaciju i za profesionalno osoblje za 20 europskih država. U tablici 2 prikazani su podaci za pojedine države dobiveni direktno iz zakonskih akata tih država ili iz publikacija navedenih u literaturi [5] i [8].

Također je vrlo značajan pregled koliko je država i koje su države propisale strože, jednake ili blaže zahtjeve za područje povećane osjetljivosti (opća populacija), a posebno za profesionalno osoblje. Takav pregled je također prikazan u tablici 2. Za nazive država korištene su međunarodne oznake pojedinih država.

The second regulations clearly state in Article 4 that they were prepared in harmony with Directive 1999/5/EC of the European Union and Recommendation 1999/519/EC of the European Union. The basic restrictions and reference levels are completely identical to those found in the Recommendation of the European Union. The Regulations of the Ministry of Health and Social Welfare for this area stipulate 2.5 times stricter values, without any explanation whatsoever.

A serious question is posed regarding which of these two regulations are valid. This article cannot provide a solution, except to appeal for better coordination between the ministries.

4 THE LEGAL REGULATIONS OF VARIOUS COUNTRIES

In order to facilitate the best and broadest possible review of one of the important segments of activities in reducing the harmful effects of electromagnetic fields upon human health, legislative regulations, a review of the stipulated limit values of electric and magnetic fields for general population and professional employees has been prepared for twenty European countries. In Table 2, data presented for individual countries were obtained directly from the legislative acts of these countries or from publications [5] and [8] in the references.

Furthermore, it is very significant how many countries and which countries have stipulated stricter, equal or less strict requirements for area of intensified sensitivity (general population), and for professional employees. Such a review is also presented in Table 2. The international abbreviations have been used for the names of the countries.

Tablica 2 – Granične vrijednosti u aktima pojedinih država u odnosu prema Smjernicama ICNIRP, Preporuci 1999/519/EC i Direktivi 2004/40/EC
 Table 2 – Limit values in the legislation of individual countries in comparison to the Guidelines of the ICNIRP, Recommendation 1999/519/EC and Directive 2004/40/EC

Država / Country	Smjernice ICNIRP / Guidelines of the ICNIRP – Preporuka 1999/519/EC / Recommendation 1999/519/EC – Direktiva 2004/40/EC / Directive 2004/40/EC											
	Jednaki zahtjevi / Equal requirements				Blaži zahtjevi / Less strict requirements				Stroži zahtjevi / Stricter requirements			
	Opća populacija / General population		Profesionalno osoblje / Professional employees		Opća populacija / General population		Profesionalno osoblje / Professional employees		Opća populacija / General population		Profesionalno osoblje / Professional employees	
	<i>E</i> (kV/m)	<i>B</i> (μT)	<i>E</i> (kV/m)	<i>B</i> (μT)	<i>E</i> (kV/m)	<i>B</i> (μT)	<i>E</i> (kV/m)	<i>B</i> (μT)	<i>E</i> (kV/m)	<i>B</i> (μT)	<i>E</i> (kV/m)	<i>B</i> (μT)
A	5,0	100	10,0	500								
B	5,0	100	–	–								
BG				1 200					–	–	5,0/6h ¹⁾	
CH	5,0	100							–	1,0 ²⁾	–	–
CRO									2,0	40,0	5,0	100
CZ	5,0	100	10,0	500								
D	5,0	100	6,66 ³⁾	424,4 ³⁾								
E	5,0	100	10,0	500								
EST									0,5	10,0	5,0	100
FIN	5,0	100	–	–								
F	5,0	100	10,0	500								
GB					12,0	1 600	12,0	1 600				
GR									4,0	80	–	–
H	5,0	100	10,0	500								
I			10,0	500					–	10/3 ⁴⁾		
LV					10,0	640	30,0	1 600				
LT							14,3 ⁵⁾	4 000	0,5	–		
NL					8,0	120	62,5	600				
PL			10,0						1,0	75		251
RUS									0,5	10	5,0	100
20	9	9	8	8	3	3	4	4	6	7	4	4

¹⁾ Jakost polja ovisi o vremenu / The field strength is time dependent.

²⁾ Samo utjecaj DV i TS i za vuču / Only the effect of the transmission line and transformer substation, and for traction.

³⁾ Postoje tri područja / There are three areas

⁴⁾ 10 μT za zatečene DV, a 3 μT samo uz nove i rekonstruirane DV / 10 μT for an existing transmission line and 3 μT for new and reconstructed transmission lines.

⁵⁾ Jakost polja ovisi o nazivnom naponu (14,3 kV/m je za napon 110 kV) / The field strength depends on the rated voltage (14,3 kV/m for voltage of 110 kV)

Iz ovog tabličnog pregleda može se iščitati niz interesantnih i korisnih podataka. Uspoređujući regulativu pojedinih država uočava se velika šarolikost i različiti pristupi, koje možemo svrstati prema studiji ENCONET-a u tri grupe [9]:

- **blaži pristup**, koji se zasniva na Smjernicama ICNIRP i dokazanim učincima, primjerice Austrija, SR Njemačka, Velika Britanija, sve bez načela opreznosti,
- **umjereni pristup**, koji se zasniva na načelu opreznosti npr. Slovenija i Hrvatska,
- **radikalni pristup**, kojeg karakterizira intenzivna primjena načela opreznosti, kao primjerice Švicarska s graničnom vrijednošću magnetske indukcije od 1 μ T za područje povećane osjetljivosti u blizini elektroenergetskih postrojenja. Sličan pristup ima Italija, ali samo za objekte uz nadzemne vodove visokog napona.

S obzirom na namjenu članka važno je istaknuti da od 20 razmatranih država samo 4 države postavljaju strože zahtjeve za profesionalno osoblje. Estonija i Bugarska su svoje akte uredile prema ruskim normama GOST, koje su nažalost dosada često bile nepouzdana, posebice u pogledu štetnosti električnih polja.

Također je vrlo uočljiv podatak da u 20 promatranih država 12 znanstvenih institucija, koje su predlagale zakonske akte, ne smatraju štetnim za zdravlje profesionalnog osoblja izlaganja zračenjima elektromagnetskih polja jednakim po vrijednostima prema Smjernicama ICNIRP. Što je navelo hrvatsko povjerenstvo, koje je sastavljalo prijedlog, na ovakvo snižavanje graničnih vrijednosti (od dva do pet puta za električna polja i magnetska polja) nije jasno bez solidnog komentara Pravilnika.

Posebno je značajno malo pobliže razmotriti rješenja koje nude Švicarska i Italija, koje imaju najstroža ograničenja. U oba ova primjera stroža ograničenja odnose se na područje povećane osjetljivosti za opću populaciju i to isključivo na utjecaj magnetskih polja.

U Uredbi koju je donijelo Švicarsko Federalno Vijeće definira se područje povećane osjetljivosti kao:

- prostorije u zgradama koje su redovito zaposjednute od osoba za produženo vrijeme,
- javna ili privatna dječja igrališta odobrena zakonodavstvom za prostorno planiranje,
- nepotpuno iskorišteni prostori koji se koriste u svrhe navedene u dvije prethodne alineje.

From the above table, it is possible to derive interesting and useful data. Comparing the regulations of individual countries, many varied approaches are noted, which we can divide into three groups, according to the ENCONET study [9]:

- **a lenient approach**, which is based upon the Guidelines of the ICNIRP and confirmed effects, for example Austria, Germany and Great Britain, all without the precautionary principle,
- **a moderate approach**, which is based upon the precautionary principle, for example Slovenia and Croatia, and
- **a radical approach**, which is characterized by intensive application of the precautionary principle, as in, for example, Switzerland, with a limit values for magnetic induction of 1 μ T for area of intensified sensitivity in the vicinity of electrical power facilities. Italy has a similar approach, but only for objects next to high-voltage overhead power lines.

Taking into account the purpose of this article, it is important to point out that among the twenty countries considered, only four countries impose stricter requirements for professional employees. Estonia and Bulgaria have based their legislation upon the Russian GOST standards, which unfortunately until now have been unreliable, particularly in regard to the harmful effects of electric fields.

There is also the very evident fact that among the twenty countries studied, twelve of the scientific institutions that proposed legal acts do not consider exposure of professional employees to electromagnetic fields of the values stipulated by the Guidelines of the ICNIRP to be harmful. The reason why the Croatian commission that prepared the proposal reduced the limit values from two to five times for electric fields and magnetic fields is not clear in the absence of a solid commentary on the Regulations.

It would be informative to study the solutions offered by Switzerland and Italy more closely, which have the strictest restrictions. In both of these examples, the stricter restrictions refer to area of intensified sensitivity for the general population, and this exclusively regarding the effect of magnetic fields.

In the enactment adopted by the Swiss Federal Council, area of intensified sensitivity are defined as follows:

- places in buildings where persons regularly remain for prolonged periods,
- public or private children's playgrounds, designated as such by physical planning legislation,
- places that are not fully utilized that are used for the purposes stated in the two previous items.

Ovo ograničenje od 1 μT primjenjuju se na objekte u području povećane osjetljivosti, a koji su pod utjecajem (u blizini):

- nadzemnih vodova i podzemnih kabela visokog napona,
- transformatorskih stanica visokog napona (VN/NN),
- transformatorskih stanica visokog napona (VN/VN) i rasklopnih postrojenja VN,
- postrojenja izmjenične struje za električnu vuču i tramvaj.

Za ostala područja povećane osjetljivosti nema posebnih strožih zahtjeva, već je propisano ograničenje u skladu sa Smjernicama INCRIP i Preporukom 1999/519/EC, tj. 5 kV/m i 100 μT .

U Naredbi koju je donio Predsjednik Vijeća Ministara Italije, kao područja na koja se odnose stroži zahtjevi, navedeni su prostori koji služe za stanovanje, dječja igrališta, škole i sve površine gdje se ljudi zadržavaju dulje od 4 sata dnevno. Stroži zahtjev je definiran kao **razina opreza** (*attention level*) i iznosi 10 μT .

U skladu s primjenom načela opreznosti uvađa se nova još stroža vrijednost za nove nadzemne vodove u blizini gore navedenog područja povećane osjetljivosti nazvana **kvalitetni cilj** (*quality goal*) koji iznosi 3 μT .

Za ostala područja povećane osjetljivosti, koja nisu pod utjecajem nadzemnih vodova, **nema** posebnih strožih zahtjeva za električna i magnetska polja, već je propisano ograničenje u skladu sa Smjernicama INCRIP i Preporukom 1999/519/EC od 5,0 kV/m i 100 μT .

Institucije koje su predlagale ove propise u obje ove zemlje nisu smatrale opasnim za opću populaciju izlaganja električnim poljima jakosti manjih od 5,0 kV/m. Od kuda i zašto se pojavljuje u hrvatskom Pravilniku limit od 2,0 kV/m nije jasno. Ova usporedba uvelike opravdava sumnju u ispravnost ove odredbe u Pravilniku.

Ovakva raznolikost u pristupu očita je posljedica nedovoljnog znanja o stvarnim zbivanjima unutar ćelija živog tkiva, što rađa i stanoviti strah. Možda opravdano.

This limit of 1 μT is applied to objects in area of intensified sensitivity, which are under the influence (in the vicinity) of the following:

- high-voltage overhead power lines and underground cables,
- high-voltage transformer substations (HV/LV),
- high-voltage transformer substations (HV/HV) and HV switchyards, and
- alternating current equipment for electric traction and trolleys.

For other areas of intensified sensitivity, there are no separate stricter requirements, but a restriction is stipulated pursuant to the Guidelines of the INCRIP and Recommendation 1999/519/EC, i.e. 5 kV/m and 100 μT .

In a decree adopted by the Italian prime minister (the president of the Council of Ministers), areas subject to stricter requirements are areas that are used for residence, children's playgrounds, schools and all surfaces where people remain for longer than four hours per day. More stringent requirement is defined as **attention level**, amounting to 10 μT .

Pursuant to the application of the precautionary principle, new more strict value for new overhead power lines is being introduced in the vicinity of the aforementioned area of intensified sensitivity, known as the **quality goal**, amounting to 3 μT .

For other areas of intensified sensitivity that are not affected by overhead power lines, **there are no** separate more restrictive requirements for electric and magnetic fields, but there is a stipulated restriction pursuant to the Guidelines of the INCRIP and Recommendation 1999/519/EC of 5,0 kV/m and 100 μT .

The institutions that proposed these ordinances in both countries did not consider exposure to electric fields strengths less than 5,0 kV/m to be harmful to the general population. From where and why a limit of 2,0 kV/m appears in the Croatian Regulations is not clear. This comparison greatly justifies suspicions regarding the correctness of this provision in the Regulations.

Such diversity in approach is obviously a consequence of insufficient knowledge regarding the actual events within living tissue cells, which creates a certain amount of fear. Perhaps such fear is justified.

5 ODREBE O OGRANIČENJIMA JAKOSTI MAGNETSKIH POLJA ZA PODRUČJA POVEĆANE OSJETLJIVOSTI I PROFESIONALNE IZLOŽENOSTI U NAŠEM PRAVILNIKU.

5.1 Područje povećane osjetljivosti

Na području povećane osjetljivosti (opća populacija) sljedeći izvori stvaraju magnetska polja s najvišim izmjerenim jakostima magnetskih polja:

- kućanski aparati (kalerifer 20,0 μ T). Samo tri uređaja koji se koriste u kućanstvu znatno premašuju propisanu granicu i to su ručni mikser (700 μ T), sušilo za kosu (2 000 μ T) i brijači aparat (do 5 000 μ T), a sve na udaljenosti od 3 cm. S obzirom na njihovu kratkotrajnu uporabu tijekom dana, ne dulje od 10 minuta, smatra se da ova izlaganja s ovako kratkim vremenom trajanja neće uzrokovati zdravstvena oštećenja [10],
- uredski uređaji (uređaj za uništavanje akata 20 μ T) [11],
- električne instalacije niskog napona (opskrbni vod 30 μ T) [11],
- transformatorske stanice i rasklopna postrojenja (uz ogradu postrojenja 7 μ T) [9],
- nadzemni vodovi (na rubu sigurnosnog koridora 20 μ T) [12],
- podzemni kabeli (tri jednožilna kabela 24 μ T) [13].

Propisani limit za područje povećane osjetljivosti prema Pravilniku iznosi za magnetsku indukciju 40 μ T.

5.2 Područje profesionalne izloženosti

Na području profesionalne izloženosti sljedeći izvori stvaraju magnetska polja s najvišim izmjerenim jakostima magnetskih polja:

- podzemni kabeli (tri jednožilna kabela 24 μ T) [13],
- nadzemni vodovi (unutar koridora 29,8 μ T) [12],
- transformatorske stanice i rasklopna postrojenja (unutar ograde do 40 μ T) [12] i [14].

U publikaciji BIA-Report dan je podatak kako na distribucijskim transformatorima naponske razine X/0,4 kV, snaga od 400 kW do 1 000 kW, tik uz priključak na sabirnice niskog napona jakost magnetske indukcije može iznositi do 100 μ T. Ta vrijednost drastično pada s udaljavanjem od priključaka i na udaljenosti od 2,0 m neće biti veća od 10 μ T [15].

5 PROVISIONS ON RESTRICTIONS ON THE STRENGTH OF MAGNETIC FIELDS FOR AREAS OF INTENSIFIED SENSITIVITY AND OF OCCUPATIONAL EXPOSURE IN CROATIAN REGULATIONS

5.1 Area of intensified sensitivity

In area of intensified sensitivity (the general population), the following sources create magnetic fields that have the highest measured strengths:

- household appliances (fan heater, 20,0 μ T). Only three devices that are used in households significantly exceed the stipulated limit, and these are the hand mixer (700 μ T), hairdryer (2 000 μ T) and electric shaver (to 5 000 μ T), and all at a distance of 3 cm. Due to the fact they are used for short periods of time during the day, not longer than 10 minutes, it is considered that such exposure of such a short duration is not harmful to health [10],
- office equipment (paper shredder, 20 μ T) [11],
- low-voltage electrical installations (power supply cable, 30 μ T) [11],
- transformer substations and switchyards (next to the plant fence, 7 μ T) [9],
- overhead power lines (at the edge of a safety corridor, 20 μ T) [12],
- underground cables (three single-wire cables, 24 μ T) [13].

The stipulated limit for magnetic induction in area of intensified sensitivity according to the Regulations is 40 μ T.

5.2 Area of occupational exposure

In area of occupational exposure, the following sources create magnetic fields of the highest measured strength:

- underground cables (three single-wire cables, 24 μ T) [13],
- overhead power lines (inside the route, 29,8 μ T) [12],
- transformer substations and switchyards (within the fence, up to 40 μ T) [12] and [14].

In the publication BIA-Report it is stated that at distribution transformers of a voltage level of X/0,4 kV and power rating of 400 kW to 1 000 kW, magnetic induction can be up to 100 μ T next to the connection to low-voltage busbars. This value declines rapidly with distance from the connection and at a distance of 2,0 m it will not exceed 10 μ T [15].

Propisani limit za područje profesionalne izloženosti prema Pravilniku iznosi za magnetsku indukciju 100 μ T.

5.3 Zaključak o ograničenjima za jakosti magnetskih polja

Nakon prikaza ovih podataka o jakostima magnetske indukcije može se, bez ikakvih rezervi, utvrditi da stvarne jakosti magnetskih polja zadovoljavaju propisanu graničnu vrijednost i zaključiti da **nema nikakvog razloga za prigovor** propisanoj graničnoj vrijednosti magnetske indukcije od 40 μ T za područje povećane osjetljivosti.

Isto tako može se slobodno zaključiti kako **su mogući** radovi iznad podzemnih kabela, unutar koridora nadzemnih vodova kao i u transformatorskim stanicama i rasklopnim postrojenjima, u zoni približavanja do visine 2,3 m, odnosno 2,5 m od tla (visina postolja), **bez prekoračenja dopuštene razine** od 100 μ T i bez posebnih mjera zaštite od ovog izvora opasnosti.

6 USPOREDBA IZMJERENIH STVARNIH JAKOSTI ELEKTRIČNIH POLJA U PODRUČJU POVEĆANE OSJETLJIVOSTI SA ZAHTJEVIMA ZA OGRANIČENJE U NAŠEM PRAVILNIKU.

Opća populacija izložena je električnim poljima mrežne frekvencije, kod nas 50 Hz, preko tri pojedinačna izvora:

- prijenosnim vodovima visokog napona,
- mjesnim sustavom distribucije električne energije instalacijama niskog napona kod kuće i na poslu i
- kućanskim i uredskim električnim napravama.

Podzemni kabeli, zbog vodljive zemlje, u pravilu ne stvaraju značajne jakosti električnih polja i u ovom razmatranju njihov utjecaj se smije zanemariti.

Prva dva izvora stvaraju temeljnu jakost električnog polja. Prisutnost vodljivih objekata (npr. zidovi, ograde, drveće) u blizini nadzemnih vodova deformira električno polje i mijenja njegovu jakost na svega 20 V/m i na taj se način zaslanja prostor unutar zgrada od električnih polja nadzemnih vodova. Tome se pridodaje još i utjecaj električne instalacije zgrade, ali ukupna jakost temeljnog električnog polja neće prelaziti vrijednost od 30 V/m.

The stipulated limit for magnetic induction in area of occupational exposure according to the Regulations is 100 μ T.

5.3 Conclusion regarding the restrictions on the strength of magnetic fields

After the presentation of these data on the strength of magnetic induction, it can be unreservedly asserted that the actual strength of magnetic fields satisfies the stipulated limit value and concluded that **there is no reason whatsoever for criticism** of the stipulated limit value for magnetic induction of 40 μ T in area of intensified sensitivity.

Likewise, it can be freely concluded that work **is possible** over underground cables, inside the route of overhead power lines and in transformer substations and switchyards, in the access zones at heights up to 2,3 m, i.e. 2,5 m from the ground (height of the pedestal), **without exceeding the permitted level** of 100 μ T and without special protective measures from this source of danger.

6 A COMPARISON BETWEEN THE ACTUAL MEASURED STRENGTHS OF ELECTRIC FIELDS IN AREA OF INTENSIFIED SENSITIVITY AND THE LIMIT REQUIREMENTS IN CROATIAN REGULATIONS

The general population is exposed to electric fields at network frequency, 50 Hz in Croatia, through three separate sources:

- high-voltage power transmission lines,
- local energy distribution systems and low-voltage installations at home and at work, and
- household appliances and office equipment.

Underground cables, due to ground conductivity, as a rule do not create electric fields of significant strength. Therefore, their impact may be ignored in this discussion.

The first two sources create the basic electric field. The presence of conductive objects (for example, walls, fences, trees) in the vicinity of overhead power lines deforms the electric field and reduces its strength to only 20 V/m, thus screening the area within a building from the electric fields of overhead power lines. The effect of the electrical installations of the building add to this but the total strength of the basic electric field will not exceed a value of 30 V/m.

Ova vrsta polja je daleko ispod granične vrijednosti i ne ulazi u razmatranje.

This type of field is far below the limit values and does not enter into consideration.

6.1 Kućanski aparati i uredski uređaji

U pomanjkanju domaćih mjerenja prisiljeni smo koristiti podatke iz inozemnih publikacija, kao primjerice podatke WHO (Svjetska Zdravstvena Organizacija), koji su prikazani u publikaciji [16]. Izmjerene jakosti električnih polja kućanskih aparata imaju vrijednosti od 5 V/m za žarulju pa najviše do 180 V/m za stereo uređaj na udaljenosti od 30 cm.

Za uredske uređaje nisu pronađene slične tablice za jakost električnih polja, već je istaknuto da takvi uređaji proizvode električna polja jakosti od 10 V/m do 50 V/m. Uz razvodne ploče niskog napona na udaljenosti od 30 cm utvrđena je jakost električnog polja od 10 V/m. U prostorijama telefonskih centrala izmjerena su polja od 30 V/m.

Granična dopuštena jakost električnog polja za područje povećane osjetljivosti iznosi 2 000 V/m, a navedene vrijednosti su deseterostruko manje. Izlaganja električnim poljima ovih jakosti neće imati utjecaja na zdravlje osoba koje bivaju u tim poljima.

6.2 Transformatorske stanice i rasklopna postrojenja

Električna polja koja stvaraju transformatorske stanice i rasklopna postrojenja mogu utjecati na opću populaciju samo ako se objekti, koji pripadaju području povećane osjetljivosti, nalaze neposredno uz ogradu ovih postrojenja.

Slika 15 iz elaborata ENCONET predstavlja raspodjelu izmjerenih električnih i magnetskih polja na presjeku jednog 400 kV rasklopišta, mjerenih na visini 1,0 m od tla. Iz dijagrama se može očitati jakost električnog polja uz ogradu od 2,0 kV/m [9].

Prigodom mjerenja elektromagnetskih polja u TS 110/20 kV Kaštela kraj Splita izmjeren je iznos od 0,185 kV/m tik uz ogradu transformatorske stanice.

Kod nas postoji vrlo malo objekata iz područja povećane osjetljivosti tik uz ogradu ovakvih postrojenja, izuzev stanova uklopničara prijenosnih transformatorskih stanica. U tim zgradama treba mjerenjima provjeriti jakost električnih polja. Uzimajući u obzir razne oblike zaslanja i zakon razmaka da već nekoliko metara od ograde jakost električnog polja drastično opada, možemo zaključiti da će postojeće transformatorske stanice

6.1 Household appliances and office equipment

In the absence of domestic measurements, we are forced to use data from foreign publications, such as, for example, data from the World Health Organization (WHO), which are presented in reference [16]. The measured strengths of the electric fields of household appliances have values from 5 V/m for a light bulb to a maximum of 180 V/m for stereo equipment at a distance of 30 cm.

Similar tables were not found for the strength of the electric fields of office equipment. However, it is noted that such equipment produces electric fields of strengths from 10 V/m to 50 V/m. At a distance of 30 cm from a low-voltage distribution panel, the electric field strength of 10 V/m has been determined. Fields of 30 V/m have been measured in rooms with telephone centrals.

The permitted limit for the strength of electric fields in area of intensified sensitivity is 2 000 V/m, and the stated values are ten-fold lower. Exposure to electric fields of these strengths will not have an effect upon the health of a person who spends time in such fields.

6.2 Transformer substations and switchyards

The electric fields that are created by transformer substations and switchyards can only have an effect on the general population if objects that are considered to be area of intensified sensitivity are located immediately next to the fence of these plants.

Figure 15 of the study by ENCONET presents the distribution of measured electric and magnetic fields on the cross-section of a 400 kV switchyard, measured at a height of 1,0 m from the ground. From the diagram, it is possible to read the strength of the electric field next to the fence of 2,0 kV/m [9].

On the occasion of the measurement of electromagnetic fields at the Kaštela 110/20 kV transformer substation near the city of Split, the value of 0,185 kV/m was measured just next to the fence of the transformer substation.

In our country there are very few objects in area of intensified sensitivity that are right next to the fence of such plants, with the exception of the apartments of switch operators at transmission transformer substations. In such buildings, it is necessary to confirm the strength of electric fields with measurements. Taking into consideration the

i rasklopna postrojenja zadovoljiti ovu pretjerano strogu graničnu vrijednost.

6.3 Nadzemni vodovi i podzemni kabeli visokog napona

Podzemni kabeli ili zbog svog vodljivog metalnog omotača ili zbog vodljive zemlje neće na površini tla stvarati električna polja te ne predstavljaju, s tog stanovišta, nikakvu opasnost za zdravlje ljudi.

Kod nadzemnih vodova je stanje posvema drugačije i mnogo složenije. Kao što je već prikazano tvrtka ENCONET je izradila vrlo dobru studiju za HEP Operatora prijenosnog sustava, kojoj je bio osnovni zadatak izračunati i izmjeriti stvarne jakosti električnih i magnetskih polja koje stvaraju odabrani tipski nadzemni vodovi, utvrditi kritične točke te predložiti načine rješavanja [12]. U tablici 3 prikazani su rezultati za 10 karakterističnih nadzemnih vodova.

various forms of screens and the rule of distance that after several meters from the fence the strength of the electric field decreases drastically, we can conclude that the existing transformer substations and switchyards will satisfy this excessively strict limit value.

6.3 High-voltage overhead power lines and underground cables

Underground cables, either due to their conductive metal jackets or the conductivity of the ground, do not create electric fields on the surface of the ground and do not represent any hazard to human health whatsoever from this aspect.

For overhead power lines, the situation is entirely different and much more complex. As previously mentioned, the company of ENCONET has prepared a very good study for HEP Transmission System Operator, the basic task of which was to calculate and measure the actual strengths of the electric and magnetic fields created by overhead power lines selected according to type, to determine the critical points and propose solutions [12]. In Table 3, the results are presented for 10 typical overhead power lines.

Tablica 3 – Izračunate i izmjerene vrijednosti jakosti električnih polja nadzemnih vodova na rubu sigurnosnog koridora*
Table 3 – Calculated and measured values of the strength for the electric fields of overhead power lines at the edge of the safety corridor*

Oznaka / Designation	Tip stupa / Pole type	Napon / Voltage (kV)	Broj DV / Number of power line	Naziv DV / Name of power line	Proračun / Calculation (kV/m)	Mjerenje / Measurement (kV/m)
A	Ipsilon / Y	400	DV 456	Meline–Tumbri	6,10	3,84
B	Bačva / Barrel	400	DV 413	Tumbri–Krško	1,92	2,78
C	Bačva / Barrel	400	DV 499	Žerjavinec–Heviz 1	2,10	1,66
D	Jela / Fir	220	DV 285	Melina–Pehlin 1	2,42	1,66
E	Bačva / Barrel	220	DV 286	Melina–Pehlin 2	1,35	0,22
F	Jela / Fir	110	DV 112	Plomin–Dubrova–Raša	1,23	1,55
G	Ipsilon / Y	110	DV 112	Plomin–Dubrova–Raša	**	1,12
H	Jela / Fir	110	DV 119	Plomin–Pazin	1,28	1,11
I	Bačva / Barrel	110	DV 137	Melina–Rijeka	0,75	1,00
J	Dunav / Danube	110	DV 120	Vrboran–Sučidar	1,08	1,03

* Visina mjerenja 1 m iznad tla / Measured at the height of 1 m above the ground

** Za ovaj oblik stupa nisu dani podaci / Data were not provided for this type of pole

Prema Pravilniku granična vrijednost za nove nadzemne vodove iznosi 2,0 kV/m, a za zatečene nadzemne vodove 5,0 kV/m.

According to the Regulations, the limit values for new overhead power lines is 2,0 kV/m, and 5,0 kV/m for existing overhead power lines.

Tablica 3 pokazuje da, u teorijski najnepovoljnijem slučaju, izračunato električno polje premašuje

Table 3 shows that in the theoretically most unfavorable case, the calculated electric field

granične razine za nove vodove kod tri objekta (A, C i D), a graničnu razinu za zatečene vodove samo kod objekta A.

U slučaju da se kao kriterij primijene izmjereni rezultati, svi objekti zadovoljavaju graničnu razinu za zatečene vodove, dok dva objekta (A i B) premašuju graničnu razinu za nove vodove. Svi ovi izračuni i mjerenja rađeni su za i na visini 1 m iznad tla na rubu sigurnosnog koridora kojeg sačinjava trasa voda uvećana za vodoravnu sigurnosnu udaljenost.

Ovi rezultati ukazuju na neusklađenost između zahtjeva iz Pravilnika o zaštiti od elektromagnetskih polja [1] i zahtjeva Pravilnika o izmjenama Pravilnika o tehničkim normativima za izgradnju nadzemne energetskih vodova nazivnog napona od 1 kV do 400 kV (Pravilnik za izgradnju nadzemnih vodova) [17]. Za rješavanje ovog postoje dva moguća puta:

- mijenjanje zahtijevane granične vrijednosti jakosti električnog polja za nadzemne vodove u području povećane osjetljivosti s 2,0 kV/m na 5,0 kV/m prema Direktivi 2004/40/EC [4] i
- prilagođavanje Pravilniku s obvezatnom promjenom sigurnosnih udaljenosti u Pravilniku za izgradnju nadzemnih vodova.

6.4 Mijenjanje granične vrijednosti jakosti električnog polja za područje povećane osjetljivosti

Ovo je svakako duži i mnogo teži put. Za ovaj pristup ima više ozbiljnih argumenata. Nevjerojatno je da 15 država Europe zadržava u graničnim vrijednostima za jakost električnog polja, veličinu od 5,0 kV/m prema Direktivi Europske unije, a samo Hrvatska i još tri države umanjuju tu granicu. Za takav stav nigdje nije pronađeno objašnjenje. Opet se iskazuje potreba za komentarom Pravilnika. Postavlja se pitanje koja je to gustoća struje u tijelu (J), manja od 2,0 mA/m², uzrokovana električnim poljem, a koja predstavlja opasnost za ljude.

U Smjernicama ICNIRP, kao i u Preporukama 1999/519/EC postoji upozorenje, ako u nekom slučaju bude utvrđeno prekoračenje referentnih veličina to ne znači da su prekoračene dopuštene vrijednosti temeljnih ograničenja. Tada treba dodatnim proračunom (ili na drugi način) utvrditi stvarnu jakost gustoće struje (J).

Na ovom mjestu treba istaknuti neka istraživanja na međunarodnoj razini značajna za ovu problematiku. Riječ je o računarskoj metodi, tzv. split metodi utvrđivanja kolika je jakost električnog polja ili magnetske indukcije potrebna

exceeds the limit for new power lines at three objects (A, C and D), and only exceeds the limit for existing power lines at object A.

In the event that the measured results are applied as criteria, all the objects satisfy the limit for existing power lines, while two objects (A and B) exceed the limit for new power lines. All these calculations and measurements were performed at a height of 1 m above the ground at the edge of the safety corridor, consisting of the power line route increased by the horizontal safety distance.

These results demonstrate the lack of coordination between the requirements from the Regulations on Protection from Electromagnetic Fields [1] and the requirements from the ordinance on the Amendments to the Regulations of the Technical Standards for the Construction of Overhead Power Lines of a Rated Voltage of 1 kV to 400 kV (Regulations for the construction of overhead power lines) [17]. There are two possible solutions:

- changing the required limit value of the strength of an electric field for overhead power lines in area of intensified sensitivity from 2,0 kV/m to 5,0 kV/m, pursuant to Directive 2004/40/EC [4], and
- adaptation to the Regulations with mandatory changes in the safety distances stipulated by the Regulations for the construction of overhead power lines.

6.4 Changing the limit value of the strength of electric field in area of intensified sensitivity

This is certainly a longer and much more difficult path. There are several serious arguments for this approach. It is incredible that although fifteen countries of Europe hold the strength of electric fields within the limit value of 5,0 kV/m according to the Directive of the European Union, only Croatia and three other countries reduce this limit. For such a position, no explanation has been found anywhere. This again shows the need for commentary on the Regulations. The question is posed which current density in the body (J), lower than 2,0 mA/m², caused by an electric field, represents a hazard to humans.

In the Guidelines of the ICNIRP, as in Recommendation 1999/519/EC, there is the warning that if in some case it is established that the reference levels have been exceeded, this does not mean that the permitted level of the basic restrictions has been exceeded. In such a case, it is necessary to determine the actual strength of the current density (J) through calculation or in some other manner.

za postizanje gustoće struje od 10 mA/m² i od 2,0 mA/m², zadanih u temeljnim ograničenjima.

Prema toj novoj računarskoj metodi obavile su proračun neovisno tri skupine i to u:

- Health Protection Agency (HPA) u Velikoj Britaniji,
- University of Victoria i
- grupa iz Salt Lake City.

Rezultati se podudaraju u granicama od 2 % [18].

U tablici 4 prikazani su rezultati za jakost gustoće struje od 10 mA/m² u usporedbi sa zahtjevima ICNIRP i NRPB (*National Radiological Protection Board* u Velikoj Britaniji), a u tablici 5 za gustoću struje 2,0 mA/m².

It is necessary to mention some investigations on the international level concerning this subject. They involve a computational method known as the split method, which is used to determine the strength of an electric field or magnetic induction necessary for achieving the current densities of 10 mA/m² and of 2,0 mA/m² given in the basic restrictions.

According to this computational method, three independent groups have performed calculations, as follows:

- the Health Protection Agency (HPA) in Great Britain,
- the University of Victoria, and
- a group from Salt Lake City.

The results coincided with the limits of 2 % [18].

In Table 4, results are shown for the strength of current density of 10 mA/m² in comparison to the requirements of the ICNIRP and National Radiological Protection Board (NRPB) in Great Britain, and in Table 5 for current density of 2,0 mA/m².

Tablica 4 – Potrebne jakosti elektromagnetskih polja za gustoću struje od 10 mA/m²
Table 4 – The necessary strengths of electromagnetic fields for current density of 10 mA/m²

Temeljno ograničenje 10 mA/m ² za centralni živčani sustav / Basic restriction of 10 mA/m ² for the central nervous system	
Magnetska indukcija / Magnetic induction	Električno polje / Electric field
ICNIRP referentna veličina 500 µT / ICNIRP reference level 500 µT	ICNIRP referentna veličina 10 kV/m / ICNIRP reference level 10 kV/m
NRPB istraživačka veličina 1 600 µT / NRPB investigative level 1 600 µT	NRPB istraživačka veličina 12 kV/m / NRPB investigative level 12 kV/m
Izračunata vrijednost 1 800 µT / Calculated level 1 800 µT	Izračunata vrijednost 46 kV/m / Calculated level 46 kV/m

Iz ove tablice 4 vidljivo je zašto je Velika Britanija odabrala tako visoke granične vrijednost (tablica 2).

From Table 4, it is evident why Great Britain chose such high limit values (Table 2).

Tablica 5 – Potrebne jakosti elektromagnetskih polja za gustoću struje od 2,0 mA/m²
Table 5 – The necessary strengths of electromagnetic fields for current density of 2,0 mA/m²

Temeljno ograničenje 2,0 mA/m ² za centralni živčani sustav / Basic restriction of 2,0 mA/m ² for the central nervous system	
Magnetska indukcija / Magnetic induction	Električno polje / Electric field
ICNIRP referentna veličina 100 µT / ICNIRP reference level of 100 µT	ICNIRP referentna veličina 5,0 kV/m / ICNIRP reference level of 5,0 kV/m
Izračunata vrijednost 360 µT / Calculated value of 360 µT	Izračunata vrijednost 9,2 kV/m / Calculated value of 9,2 kV/m

Prema podacima iz obje tabele, zbog linearnog odnosa J/B , može se lako izračunati kako bi jakost magnetske indukcije od 40 μT (Pravilnik) inducirala gustoću struje od 0,22 mA/m^2 , dakle skoro 10 puta manju od propisanog temeljnog ograničenja.

Nažalost, za električno polje ne postoji linearni odnos između J/E . Grubom interpolacijom (log-log skala) dobiva se uz jakost električnog polja od 2,0 kV/m gustoća struje od približno 0,4 mA/m^2 , dakle 5 puta manju od propisanog temeljnog ograničenja.

Ova dva argumenta su dovoljan poticaj da HEP d.d., među svim ostalim zahtjevima, pokrene i zatraži promjenu referentne veličine za područje povećane osjetljivosti od 2,0 kV/m na 5,0 kV/m (Preporuka Europske unije).

6.5 Prilagođavanje Pravilniku s obvezatnom promjenom sigurnosnih udaljenosti u Pravilniku za izgradnju nadzemnih vodova

Ovaj način predlažu autori studije tvrtke ENCONET [12]. Podaci prikazani u tablici 3 dobiveni su proračunom i mjerenjima za visinu 1 m od tla i na rubu sigurnosnog koridora. Autori dobro ukazuju da to nije maksimalna vrijednost, već je mjerodavna računata ili izmjerena jakost električnog polja na rubu sigurnosnog koridora i na stvarnoj visini vodiča iznad zemlje. Budući da će se jakost električnog polja vrlo malo mijenjati uzduž lančаницe vodiča u nekom rasponu, ali uvijek na rubu sigurnosnog koridora, za praktično računanje i mjerenje može se uzeti sigurnosna visina vodiča za pojedine naponske razine (točka najnižeg provjesa). U tablici 6 prikazane su sigurnosne visine i udaljenosti prema nazivnim naponima vodova prema postojećem Pravilniku za izgradnju nadzemnih vodova [17].

According to the data from both tables, due to the linear relation of J/B , it is easy to calculate how magnetic induction strength of 40 μT (Regulations) would induce a current density of 0,22 mA/m^2 , i.e. nearly 10 times lower than the stipulated basic restriction.

Unfortunately, for an electric field there is no linear relation between J/E . Through rough interpolation (log-log scale) and electrical field strength of 2,0 kV/m , current density of approximately 0,4 mA/m^2 is obtained, i.e. nearly 5 times lower than the stipulated basic restriction.

These two arguments are sufficient incentive for HEP d.d., among all its other demands, to initiate the demand for a change in the reference level for area of intensified sensitivity from 2,0 kV/m to 5,0 kV/m (Recommendation of the European Union).

6.5 Adoption to the Regulations with mandatory changes in the safety distances in the Regulations for the construction of overhead power lines

This is proposed by the authors of the ENCONET study [12]. The data presented in Table 3 were obtained through calculations and measurements for a height of 1 m from the ground at the edge of the safety corridor. The authors demonstrate that this is not a maximum value but that it is the applicable calculated or measured strength of the electric field at the edge of the safety corridor and at the actual height of the conductor above the ground. Since the strength of the electric field changes very little along the conductor span but always at the edge of the safety corridor, for practical calculation and measurement it is possible to take the safety height of the conductor for individual voltage levels (at the point of maximum sag). In Table 6, the safety heights and distances are shown according to the rated voltages of power lines, pursuant to the existing Regulations for the construction of overhead power lines [17].

Tablica 6 – Sigurnosne visine i udaljenosti prema nazivnim naponima vodova
Table 6 – Safety heights and distances according to rated power line voltage

Nazivni napon / Rated voltage (kV)	Sigurnosna visina / Safety height (m)		Sigurnosna udaljenost / Safety distance (m)	
	Balkoni, terase / Balconies, terraces	Naseljena mjesta / Inhabited locations	Balkoni, terase / Balconies, terraces	Pristup vozilima / Vehicle access
110	5,00	7,00	4,00	5,00
220	5,75	7,75	4,75	5,75
400	7,00	9,00	6,00	7,00

U navedenoj studiji [12] predlaže se druga varijanta, tj. prilagođavanje Pravilniku, kao brže i jednostavnije rješenje. Suština prijedloga je u tome da treba vodoravni razmak između najbližeg vodiča prema objektu i objekta povećati na onu udaljenost na kojoj polje padne na jakost od 2,0 kV/m. Ta nova udaljenost nazvana je granična udaljenost. To se može prikazati na sljedeći način:

$$l_{gr} = l_s + l_d, \quad (1)$$

gdje je:

l_{gr} – granična udaljenost (m),
 l_s – sigurnosna udaljenost (m),
 l_d – dodatna udaljenost (m).

where:

l_{gr} – limit distance (m),
 l_s – safety distance (m),
 l_d – additional distance (m).

Rezultati takvih proračuna prikazani su u tablici 7.

The results of such a calculation are presented in Table 7.

Tablica 7 – Razine polja na sigurnosnoj udaljenosti te granične udaljenosti za 2,0 kV/m i nove vodove
 Table 7 – The field levels at safety distances and limit distances for 2,0 kV/m and new power lines

	Tip Stupa / Pole type	Napon / Voltage (kV)	Sigurnosna udaljenost / Safety distance (l_s) (m)	E_s (kV/m)	Potrebna granična udaljenost / Required limit distance (l_{gr}) (m)	Dodatna udaljenost / Additional distance (l_d) (m)	E_g (kV/m)
1	Ypsilon / Y	400	6,0	6,00	13,8	9,0	2,0
2	Bačva / Barrel	400	6,0	5,00	12,5	9,0	2,0
3	Jela / Fir	220	4,75	2,80	6,2	4,25	2,0
4	Jela / Fir	220	4,75	3,80	7,6	4,25	2,0
5	Jela / Fir	220	4,75	2,90	6,4	4,25	2,0
6	Bačva / Barrel	220	4,75	2,80	6,8	4,25	2,0
7	Bačva / Barrel	220	4,75	2,80	6,8	4,25	2,0
8	Jela / Fir	110	4,0	1,10	3,5	0	2,0
9	Jela / Fir	110	4,0	1,20	3,6	0	2,0
10	Bačva / Barrel	110	4,0	1,70	3,6	0	2,0
11	Bačva / Barrel	110	4,0	1,60	3,5	0	2,0
12	Jela / Fir	110	4,0	1,20	3,4	0	2,0
13	Dunav / Danube	110	4,0	1,40	3,3	0	2,0

l_{gr} – minimalna potrebna udaljenost za električno polje od 2,0 kV/m / minimal required distance for an electric field of 2,0 kV/m

Ovi podaci trebali bi biti temelj za izračunavanja i mjerenja za konačni prijedlog izmjena u Pravilniku za izgradnju nadzemnih vodova. Kao privremeno rješenje autori studije ENCONET-a preporučuju dopuštenje približavanja objekata vertikalnoj projekciji najdaljeg vodiča (od osi stupa) do udaljenosti 15 m

These data should be the basis of calculation and measurement for the final proposed amendments to the Regulations for the construction of overhead power lines. As a temporary solution, allowing the object to be brought close to the vertical projection of the most distant conductor from the axis of the

za vodove napona 400 kV, odnosno 9 m za vodove napona 220 kV. Ovakav pristup je ispravan samo za balkone i terase uz pretpostavku zadržavanja limita od 2,0 kV/m.

S ovim prijedlogom treba biti vrlo oprezan. Promakla je jedna bitna činjenica iz svakodnevnog života, koja je dijelom posljedica loše definicije područja povećane osjetljivosti. Mnoge zemlje uvele su u tu definiciju da se radi o prostorijama za te namjene (bolnice, škole itd.). To znači da se između najbližeg vodiča, koji je izvor opasnog polja i prostorije nalazi neki zid. Zidova može biti najmanje četiri vrste:

- armirano-betonski zid,
- zid iz opeke, debljine koja odgovara dužini opeke,
- drveni zid (trupci oko 30 cm) i
- limeni zid (hangari, skladišta i sl.).

Zanemarena je činjenica da će ovi zidovi u manjoj ili većoj mjeri prigušiti električno polje, tj. dolazi do zaslanjanja. Primjerice iza limenog zida nema električnog polja (Faradayev kavez). Isto tako, ali nešto u manjoj mjeri, je učinak armirano-betonskih zidova. Ovo zaslanjanje mora naći svoje mjesto u izmjenama Pravilnika za izgradnju nadzemnih vodova, a može se izraziti **koeficijentom zaslanjanja** f_z . Sada bi jednadžba (1) za graničnu udaljenost l_{gr} glasila:

pole at a distance of 15 m for power lines with voltage of 400 kV, respectively 9 m for power lines with voltage of 220 kV, is recommended by the authors of ENCONET study. Such an approach is only applicable for balconies and terraces, assuming a limit of 2,0 kV/m.

With this proposal, it is necessary to be very cautious. A significant everyday fact has been overlooked, partially due to the poor definition of an area of intensified sensitivity use. Many countries have specified in this definition that it refers to places for such purposes (hospitals, schools etc.). This means that there is a wall between the closest wire that is a source of a dangerous field and the premises. Walls can be of at least four types:

- a wall of reinforced concrete,
- a brick wall, of a thickness that corresponds to the length of the brick,
- a wooden wall (planks of approximately 30 cm), and
- a tin wall (hangers, warehouses etc.).

The fact is ignored that these walls, to a greater or lesser extent, attenuate electric fields, i.e. screening occurs. For example, there is no electric field behind a tin wall (a Faraday cage). Reinforced concrete walls have a similar but lesser effect. This screening must find a place in the amendment to the Regulations for the construction of overhead power lines, and can be expressed as the **screening coefficient** f_z . Now the equation (1) for the limit distance l_{gr} would be as follows:

$$l_{gr} = l_s + f_z \cdot l_d, \quad (2)$$

pri čemu bi koeficijent zaslanjanja f_z imao vrijednosti:

- 1,0 za otvoreni prostor: balkoni, terase, dječja igrališta i parkovi,
- x mjerenjem utvrđena vrijednost za zidove iz armiranog betona,
- y mjerenjem utvrđena vrijednost za zidove iz opeke,
- z mjerenjem utvrđena vrijednost za zidove iz drva i
- 0 za limene zidove.

Do podataka o zaslanjanju pojedinih vrsta zidova može se doći računskim putem iz različitih dielektričnih konstanti ili mjerenjima. Za realno utvrđivanje koeficijenta zaslanjanja HEP bi trebalo hitno naručiti izradu odgovarajuće studije.

so that the screening coefficient f_z would have the following values:

- 1,0 for open spaces, balconies, terraces, children's playgrounds and parks,
- x for the value determined by measurement for reinforced concrete walls,
- y for the value determined by measurement for brick walls,
- z for the value determined by measurement for wooden walls, and
- 0 for tin walls.

It is possible to obtain data on the screening properties of individual types of walls through calculations from various dielectric constants or measurements. For the determination of the actual screening coefficients, HEP should contract the corresponding study immediately.

Za HEP bi se troškovi ove studije vrlo brzo refundirali s mnogo užim sigurnosnim koridorima, a pogotovo s troškovima za eventualne naknadne sporove za postojeće objekte.

Ne uzimajući u obzir način rješavanja tog problema (ili promjena ili prilagodba), morat će doći do stanovitih promjena u Pravilniku za izgradnju nadzemnih vodova, a ovdje se predlaže usvajanje koeficijenta zaslanjanja. To može biti značajno u budućnosti.

Konačno i zaključci za ovaj dio problematike:

- budući da nema stvarnih dokaza o štetnom djelovanju induciranih struja gustoće znatno manje od 2 mA/m^2 , u ljudskom tijelu zbog električnih polja, treba zahtijevati izmjenu referentne veličine jakosti električnog polja, za područje povećane osjetljivosti, od 2 kV/m na vrijednost od 5 kV/m , kao što je navedeno u Smjernicama ICNIRP ili u Preporuci 1999/519/EC i
- neovisno o izabranom putu za rješavanje navedenih teškoća, mora se u Pravilniku za izgradnju nadzemnih vodova, prigodom unašanja odredbi vezanih za zračenje elektromagnetskih polja, unijeti koeficijent zaslanjanja f_z .

7 USPOREDBA IZMJERENIH STVARNIH JAKOSTI ELEKTRIČNIH POLJA U PODRUČJU PROFESIONALNE IZLOŽENOSTI SA ZAHTJEVIMA ZA OGRANIČENJE U NAŠEM PRAVILNIKU.

Ova usporedba bit će urađena za električna polja s obzirom na izvore polja i to za:

- nadzemne vodove i podzemne kabele i
- transformatorske stanice i rasklopna postrojenja.

Podloga za razmatranje bit će dvije domaće studije [9] i [12], a u pomanjkanju domaćih mjerenja koristit će podaci iz inozemne literature.

Propisani limit prema Pravilniku iznosi za jakost električnog polja $5,0 \text{ kV/m}$.

The costs of such study would be quickly refunded to HEP from much narrower safety corridors and eventual compensation from disputes regarding existing objects.

Not taking into account the manner for solving this problem (either changes or adaptations) will have to result in certain changes to the Regulations for the construction of overhead power lines and here is given a proposal for adopting screening coefficients. This could be of significance in the future.

The final conclusions for this part of the problem are as follows:

- since there is no actual proof of the harmful effects of induced current density lower than 2 mA/m^2 to the human body due to electric fields, it would be necessary to demand a change in the reference level for the strength of an electric field for area of intensified sensitivity, from 2 kV/m to a value of 5 kV/m , as stipulated in the Guidelines of the ICNIRP and the Recommendation of 1999/519/EC, and
- regardless of the path chosen for solving the aforementioned difficulties, in the Regulations for the construction of overhead power lines it is necessary to enter the screening coefficient f_z on the occasion of inserting provisions in connection with the radiation of electromagnetic fields.

7 A COMPARISON BETWEEN THE ACTUAL MEASURED STRENGTHS OF ELECTRIC FIELDS IN AREA OF OCCUPATIONAL EXPOSURE AND THE LIMIT REQUIREMENTS IN CROATIAN REGULATIONS

This comparison will be made for electric fields, according to the sources of the fields, as follows:

- overhead power lines and underground cables, and
- transformer substations and switchyards.

The basis for consideration will be two domestic studies, [9] and [12], and data from foreign literature will be used in the absence of domestic measurements.

The prescribed limit according to the Regulations is $5,0 \text{ kV/m}$ for electric field strength.

7.1 Neke značajke utjecaja električnih polja

Prije bilo kakvog detaljnijeg razmatranja o utjecaju električnih polja, treba ukazati na činjenicu, da je za utvrđivanje eventualno štetnog djelovanja magnetskih polja na zdravlje ljudi urađeno mnogo više studija, nego o štetnom djelovanju električnih polja, njih svega nekoliko. Razlog tome treba tražiti u činjenici, da će vrlo mali broj osoba osjetiti prisutnost električnog polja jakosti 10 kV/m (gustoća struje 10 mA/m²) [21].

Međusobna reakcija izmjeničnog električnog polja s ljudskim tijelom rezultira s protjecanjem električnog naboja (električna struja), polarizacijom naboja u stanicama (stvaranjem dipola) i promjenom smjera postojećih dipola uvijek prisutnih u tijelu. Relativna magnituda različitih učinaka ovisi o električnim svojstvima tijela, a to su: električna vodljivost (određuje tok električne struje) i dielektričnost (određuje jačinu polarizacije). Električna vodljivost i dielektričnost variraju s vrstom tkiva i također ovise o frekvenciji primijenjenog polja. Vanjsko električno polje inducira površinski naboj, a to rezultira induciranom strujom u tijelu. Raspodjela struje ovisi o uvjetima izlaganja, o veličini i obliku tijela te o položaju tijela u polju.

Inducirane struje u ljudskom tijelu zbog električnih i magnetskih polja imaju različiti smjer i, nažalost, još uvijek nedovoljno istraženo djelovanje. Struje u ljudskom tijelu proizvedene električnim poljem imaju smjer od glave prema zemlji, naspram strujama induciranim magnetskim poljem koje su kružne i stvaraju petlju. Golema je razlika u raspodjeli polja u tijelu ako je čovjek u dobrom spoju sa zemljom (mokri kožnati đon) ili je na neki način izoliran od zemlje (zaštitne cipele s izolacijskim đonom). To jako utječe na jakost inducirane struje u tijelu uzrokovane električnim poljem.

Tome treba pridodati rezultate izračunavanja induciranih gustoća struje (mA/m²) zbog električnih i magnetskih polja *split metodom* koji su prikazani u tablici 4 i tablici 5. Treba naglasiti da je do vrlo sličnih rezultata došlo troje autora iz triju različitih institucija [18].

Ovi navodi upućuju na veliki oprez prigodom razmatranja dopuštene granične vrijednosti za jakost električnog polja od 5,0 kV/m, za profesionalno osoblje prema Pravilniku.

7.1 Some characteristics of the effects of electric fields

Prior to any more detailed consideration of the effects of electric fields, it is necessary to state the fact that there have been many more studies for the determination of the eventual harmful effects of magnetic fields on human health than on the harmful effects of electric fields, of which there have only been a few. The reason for this should be sought in the fact that a very small number of people will sense the presence of an electric field strength of 10 kV/m (current density of 10 mA/m²) [21].

The reaction between an alternating electric field and the human body results in electrical charge flow (electrical current), polarizing charge in the cells (the creation of dipoles) and changes in the directions of the dipoles always present in the body. The relative magnitude of various effects depends upon the electrical properties of the body, and these are electrical conductivity (determines the current flow) and dielectricity (determines the strength of polarization). Electrical conductivity and dielectricity vary with the types of tissues and also depend upon the frequency of the applied field. An outside electric field produces a surface charge, inducing current flow in the body. Distribution of the current depends upon the exposure conditions, the size and form of the body, and the position of the body in the field.

Induced currents in the human body due to electric and magnetic fields have different directions and, unfortunately, effects that have still not been sufficiently researched. Currents in the human body induced by an electric field are in the direction from the head to the ground, while currents induced by a magnetic field create loops. There is an enormous difference in the field distribution in the body if a person is in good contact with the ground (wet leather shoe soles) or is in some manner insulated from the ground (protective shoes with insulating soles). This has a great effect on the strength of the induced current in the body caused by an electric field.

To this should be added the results of the calculation of induced current densities (mA/m²) due to electric and magnetic fields using the *split method*, as presented in Tables 4 and 5. It should be emphasized that three authors from three different institutes arrived at very similar results [18].

These statements suggest the need for great caution when considering the permitted limit value for the strength of an electric field of 5,0 kV/m for occupational exposure according to the Regulations.

7.2 Nadzemni vodovi i podzemni kabeli visokog napona

Iz razmatranja može se odmah isključiti podzemne kabele, jer oni zbog svog metalnog plašta ili zbog električne vodljivosti zemlje, ne stvaraju električna polja na površini tla. Podaci iz studije ENCONET o izračunatim i izmjenjenim vrijednostima jakosti električnih polja unutar trase i unutar sigurnosnog koridora bit će dostatni za usporedbu prigodom radova na tlu u tim područjima.

Unutar trase nadzemnih vodova obavlja se pregled trase, pregled konstrukcije stupa, mjerenje otpora uzemljena stupa, postavljanje tablica upozorenja i brojeva stupova, sječa drveća, uređivanje pristupnih putova i staza i drugo. Unutar sigurnosnog koridora obavlja se sječa drveća i uređenje pristupnih putova. Svi ovi radovi obavljaju se s tla, a sječa stabala ručno ili s nekim uređajima za sječu. Za procjenu su bitne izračunate i izmjerene jakosti električnih polja na visini od 1,0 m od tla, prikazane u tablici 8, preuzete iz studije ENCONET-a [12].

7.2 High-voltage overhead power lines and underground cables

It is possible to exclude underground cables immediately from this discussion because they do not create an electric field on the surface of the soil due to their metal jackets or the electrical conductivity of the soil. Data from the ENCONET study on the calculation and measurement of the values of the strength of electric fields within routes and safety corridors will be sufficient for purposes of comparison when working on the ground in such places.

On the route of an overhead power lines, there are inspections of the route, inspection of the pole construction, measurement of the resistance of grounded poles, erection of warning signs and the signs indicating the number of each pole, cutting trees, construction and maintenance of access routes and paths etc. Within the safety corridor, trees are cut and access routes are maintained. All these tasks are performed from the ground, and trees are cut manually or with some equipment for cutting. For an assessment, the calculated and measured strengths of the electric fields at heights of 1,0 m from the ground are required, as shown in Table 8, which is taken from the ENCONET study [12].

Tablica 8 – Najveće izračunate i izmjerene vrijednosti jakosti električnih polja nadzemnih vodova*
Table 8 – The highest calculated and measured values of the strength for the electric fields of overhead power lines*

Oznaka / Designation	Tip stupa / Pole type	Napon / Voltage (kV)	Broj DV / Number of power line	Naziv DV / Name of power line	Proračun / Calculation (kV/m)	Mjerenje / Measurement (kV/m)
A	Ipsilon / Y	400	DV 456	Melina –Tumbri	9,6	5,01
B	Bačva / Barrel	400	DV 413	Tumbri–Krško	8,9	6,77
C	Bačva / Barrel	400	DV 499	Žerjavinec–Heviz 1	8,3	6,00
D	Jela / Fir	220	DV 285	Melina–Pehlin 1	3,9	2,04
E	Bačva / Barrel	220	DV 286	Melina–Pehlin 2	4,4	0,70
F	Jela / Fir	110	DV 112	Plomin–Dubrova–Raša	1,9	2,10
G	Ipsilon / Y	110	DV 112	Plomin–Dubrova–Raša	**	1,15
H	Jela / Fir	110	DV 119	Plomin–Pazin	1,9	1,14
I	Bačva / Barrel	110	DV 137	Melina–Rijeka	2,8	1,65
J	Dunav / Danube	110	DV 120	Vrboran–Sučidar	2,6	1,43

* Visina mjerenja 1 m iznad tla / Measured at the height of 1 m above the ground

** Za ovaj oblik stupa nisu dani podaci / Data were not provided for this type of pole

Kod sva tri nadzemna voda, napona 400 kV izračunate su i izmjerene jakosti električnih polja koje su više od propisanog limita od 5,0 kV/m.

For all three 400 kV overhead power lines, the calculated and measured electric field strengths exceeded the stipulated limit of 5,0 kV/m.

Za rješavanje ovog postoje dva moguća puta:

There are two possible solutions:

- mijenjanje zahtijevane granične vrijednosti jakosti električnog polja za nadzemne vodove u području profesionalne izloženosti s 5,0 kV/m

- changing the required limit value of the strength of the electric field for overhead power lines in area of occupational exposure from 5,0 kV/m to

na 10,0 kV/m prema Direktivi 2004/40/EC [4] i

- prilagođavanje Pravilniku s ograničenjem trajanja rada u području gdje je jakost polja viša od dopuštene ili korištenjem ekranizirajućih odijela.

7.2.1 Mijenjanje granične vrijednosti jakosti električnog polja za područje profesionalne izloženosti
Za pretpostaviti je da je ovo put s mnogo poteškoća, ali je u svakom slučaju najispravniji. Za takav pristup ima više ozbiljnih argumenata. Od 17 država u Europi, koje su donijele akte o području profesionalne izloženosti, 13 država propisuje graničnu vrijednost za jakost električnog polja u skladu s Direktivom 2004/40/EC, dakle 10,0 kV/m, a Hrvatska s još tri zemlje, umanjuje tu granicu. Za takav stav nema objašnjenja. Opet se iskazuje potreba za komentatom Pravilnika. Slijedi jasan zaključak: HEP treba pokrenuti akciju za izmjenu granične vrijednosti za jakost električnog polja, za područje profesionalne izloženosti od 5,0 kV/m na 10,0 kV/m.

7.2.2 Prilagođavanje odredbama Pravilnika za područje profesionalne izloženosti

Kao što je već prije rečeno, za procjenu su bitne izračunate i izmjerene jakosti električnog polja na visini od 1,0 m od tla, prikazane u tablici 8 preuzete iz studije ENCONET-a [12]. Odmah treba ukazati na činjenicu da prikazane vrijednosti prekoračenja u tablici 8 ne vrijede za cijelu trasu od stupa do stupa, već za jedan manji dio trase (približno 10 % do 15 % trase), u području najvećeg provjesa. Uz pretpostavku prosječnog raspona od 300 m, to iznosi od 30 m do 45 m i taj dio trase možemo nazvati opasna zona.

U slučaju potrebe za dužim radom (više od 2 sata na dan) u opasnoj zoni moguća su dva rješenja:

- Ograničavanje trajanja rada prema relaciji:

10,0 kV/m according to Directive 2004/40/EC [4], and

- adapting to the Regulations by restricting the duration of work in places where the strength of the field is higher than permitted or using shielding suits.

7.2.1 Changing the limit value of the strength of electric field in area of occupational exposure

It can be assumed that this path has many difficulties but in any case is the most correct. Such an approach has several serious arguments. Of the seventeen countries in Europe that have adopted legislation on the area of occupational exposure, thirteen countries have stipulated limit value for the strength of an electric field pursuant to Directive/2004/40/EC, i.e. 10,0 kV/m, and Croatia with three other countries has lowered this limit. There is no explanation for such a position. The need for commentary on the Regulations is once again evident. A clear conclusion follows. HEP must inaugurate a campaign for changing the limit values for the strength of electric fields in area of occupational exposure from 5,0 kV/m to 10,0 kV/m.

7.2.2 Adaptation to the provisions of the Regulations for area of occupational exposure

As stated previously, in order to make an assessment, the calculated and measured strength of an electric field at a height of 1,0 m from the ground is required, as shown in Table 8 from the ENCONET study [12]. It is immediately necessary to point out the fact that the values presented in Table 8 are not valid for an entire route from pole to pole, but only for one small part of the route (approximately 10 to 15 %), in the place of the maximum sag. With the assumption of the average space between them of 300 m, this part of the route is from 30 to 45 m and we can call it a danger zone.

In the event of the need for longer work (more than two hours per day) in a danger zone, there are two possible solutions:

- Restriction of the duration of the work, according to the following:

$$T = 80/E, \quad (3)$$

pri čemu je:

T – trajanje rada u satima u jednom danu,
 E – jakost električnog polja (kV/m).

where:

T – the duration of work in hours per day,
 E – strength of the electric field (kV/m).

Ovaj postupak navodi ICNIRP 1996. godine.

Rusija i još neke zemlje koriste nešto strožu jednadžbu:

This approach was specified by ICNIRP in the year 1996.

Russia and some other countries use a somewhat stricter equation:

$$T = 50/E + 2, \quad (4)$$

što bitno odudara od Direktive 2004/40/EC.

- Korištenje zaslona, ekranizirajućih odijela kakva se koriste kod radova pod naponom direktnom metodom i dogradnjom metalne kabine na uređajima za sječu, ako ona već ne postoji. Mnogo bolje bi došla metalna mreža radi zaštite od komaraca i drugih insekata, kojih u takvim područjima ima u izobilju, a ujedno bi predstavljala Faradayev kavez.

Budući da nema stvarnih dokaza o štetnom djelovanju induciranih struja u ljudskom tijelu zbog električnih polja gustoće manje od 10 mA/m², kroz prosječno trajanje rada od 8 sati, te uzimajući u obzir sporan podatak da će jakost polja od 10 kV/m izazvati navedenu gustoću struje, treba zahtijevati izmjenu granične vrijednosti jakosti električnog polja za područje profesionalne izloženost, od 5 kV/m na vrijednost od 10 kV/m, kao što je navedeno u Smjernicama ICNIRP ili u Direktivi 2004/40/EC.

7.3 Transformatorske stanice i rasklopna postrojenja

Nužno je odmah ukazati na činjenicu kako u inozemnoj literaturi ima veoma malo podataka o izračunatim ili izmjerenim jakostima električnih polja te o mjerama zaštite. Kod nas postoje dva uratka na tu temu i to:

- elaborat o mjerenjima E/M polja u TS 400/220/110 kV Žerjavinec [19] i
- studija u kojoj su izračunate jakosti električnih i magnetskih polja za TS 400/110 kV Ernestinovo [20].

Nažalost, treba reći kako je elaborat [19] neuporabljiv za ovu namjenu. Prigodom mjerenja i izrade elaborata učinjeno je nekoliko pogrešaka i to:

- obavljena su mjerenja na visinama od 1,0 do 2,0 m iznad tla, a nije naznačena visina kod svakog mjernog mjesta. Ako je visina vodiča pod naponom primjerice 6,0 m iznad tla, nije ni najmanje svejedno na kojoj se visini mjerilo, jer jako utječe na rezultat. Nije propisana, ali

which significantly differs from Directive 2004/40/EC.

- One possibility would be shielding suits as worn during work on energized power lines, using the direct method and building of metal cabins around cutting equipment, if they do not already exist. A much better solution would be a metal screen for protection from mosquitoes and other insects, which are present in such places in abundance, and would also serve as a Faraday cage.

Since there is no actual evidence that induced current in the human body due to electric fields of a density lower 10 mA/m² for an average working day of eight hours has a harmful effect and taking into account the disputed fact that a field of the strength of 10 kV/m induces such a current density, it is necessary to demand a change in the limit value for the strength of an electric field for area of occupational exposure, from 5 kV/m to a value of 10 kV/m, as stated in the Guidelines of the ICNIRP and Directive 2004/40/EC.

7.3 Transformer substations and switchyards

It is necessary to state the fact immediately that there is very little data in the foreign literature on calculated or measured strengths of electric fields and protective measures. In our country, there are two works on this topic, as follows:

- a report on the measurement of E/M fields in the Žerjavinec 400/220/110 kV transformer substation [19], and
- a study in which the strength of electric and magnetic fields for the Ernestinovo 400/110 kV transformer substation is calculated [20].

Unfortunately, it must be stated that the report [19], cannot be used for this purpose. During the measurements and preparation of the report, several errors were committed, as follows:

- the measurements were performed at heights of 1,0 to 2,0 m above the ground, and the height at every measurement site was not indicated.

je dogovorna visina mjerenja 1,0 m iznad tla i tada su rezultati međusobno usporedivi,

- nisu nigdje navedene visine sabirnice i ostalih vodiča iznad tla na mjestima mjerenja,
- u transformatorskim stanicama i rasklopnim postrojenjima električna i magnetska polja definiraju se vektorom u prostoru, sa svojom jakosti i smjerom, pa je nužno svako mjerno mjesto odrediti koordinatama prema nekom ishodištu. To omogućuje osim skalarne vrijednosti i vektorski prikaz polja i
- nisu obavljena mjerenja jakosti elektromagnetskog polja na rubu poklopca transformatora, zbog eventualno mogućih kratkotrajnih, dopuštenih i srećom rijetkih radova u zoni približavanja, a na rubu zone opasnosti, kao što su uzimanje uzoraka plina iz Buchholz releja, zamjena toplomjera za ulje i pritezanje vijaka za brtve na poklopcu.

Ove primjedbe mogu dobro doći, u budućnosti, sastavljačima projektnih zadataka za slična mjerenja.

Druga, vrlo dobra studija urađena na Fakultetu elektrotehnike i računarstva - Zagreb, u kojoj se nalazi proračun električnih i magnetskih polja, daje pomalo zabrinjavajuće rezultate. Na mnogo mjesta u postrojenju 400 kV jakost električnog polja prelazi 12,0 kV/m. U najekstremnijem slučaju, kod radova na uzemljenom sklopnom polju 400 kV a u blizini drugog sklopnog polja 400 kV koje je pod naponom, izračunata je jakost električnog polja od 15,44 kV/m.

U ovim razmatranjima postavlja se pitanje u kojoj će se mjeri podudarati izmjereni, stvarni podaci s izračunatim podacima. Mjerenje se očekuje u doglednoj budućnosti.

Za rješavanje ovog postoje dva moguća puta:

- mijenjanje zahtijevane granične vrijednosti jakosti električnog polja za transformatorske stanice, rasklopna postrojenja i generatorska postrojenja u području profesionalne izloženosti s 5,0 kV/m na 10,0 kV/m prema Direktivi 2004/40/EC [4],
- prilagođavanje Pravilniku s ograničenjem trajanja rada u području gdje je jakost polja viša od dopuštene ili korištenjem ekranizirajućih odijela.

If the height of an energized conductor is, for example, 6,0 m above the ground, it is not all the same at which height it is measured, because this greatly affects the result. It is not stipulated but the agreed upon measurement height is 1,0 m above the ground, and then the results are mutually comparable,

- there is no indication of the heights from the ground of the busbars and other conductors at the places where they were measured,
- in transformer substations and switchyards, the electric and magnetic fields are defined as vectors in space, with strength and direction, so that it is necessary to determine coordinates for each place measured according to a reference point. In addition to scalar value, this also facilitates the vector presentation of the field, and
- measurements were not performed of the strength of the electromagnetic field at the edge of the transformer lid, due to eventual short-term permitted and fortunately infrequent work in the access zone, and at the edge of the danger zone, such as taking a sample of gas from the Buchholz relay, replacement of a thermometer for oil and tightening the bolts on the lid seal.

These criticism could be useful in the future to persons compiling project tasks for similar measurements.

A very good study was conducted at the Faculty of Electrical Engineering and Computing - Zagreb, in which the calculations for the electric and magnetic fields give somewhat disturbing results. At many places in a 400 kV switchyard, the strength of the electric field exceeded 12,0 kV/m. In the most extreme case, in work on a grounded 400 kV switchgear bay and in the vicinity of another energized 400 kV switchgear bay, the calculated strength of the electric field was 15,44 kV/m.

In such analysis, the question arises concerning the extent to which the actually measured data coincide with the calculated data. Measurements are expected in the foreseeable future.

There are two possible solutions:

- changing the required limit value for the strength of electric fields for transformer substations, switchyards and generator plants in area of occupational exposure from 5,0 kV/m to 10,0 kV/m, pursuant to Directive 2004/40/EC [4], and
- adapting to the Regulations by limiting the duration of work in a place where the strength of a field is greater than permitted or using shielding suits.

7.3.1 Mijenjanje granične vrijednosti jakosti električnog polja za područje profesionalne izloženosti

Od 16 država u Europi, 12 njih ima iste ili blaže uvjete od Direktive 2004/40/EC, a samo **4** njih strože, nažalost među njima je i Hrvatska. Od zemalja koje imaju blaže uvjete treba izdvojiti Njemačku. Zaštita opće populacije regulira se državnim saveznim zakonom. Za zaštitu profesionalnog osoblja nadležna je institucija Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik (BGFE), koja izdaje svoje smjernice iz područja zaštite na radu, poznate kao BG-Vorschrift. Tako područje elektromagnetskih polja regulira sa svojim propisom BGV B11 (VBG 25). Za posebno niskofrekventno područje od 50 Hz i za elektromagnetska polja ove smjernice predviđaju tri područja:

- 2) područje normalnog kretanja i granična jakost električnog polja iznosi 6,66 kV/m,
- 1) područje kontroliranog rada i ne duže od 8 sati, a jakost polja do 21,32 kV/m,
- područje povišene izloženosti, limitirana jakost polja na 30 kV/m, najviše 2 sata u jednom danu.

Golema je to razlika prema Pravilniku.

U instituciju BGFE može se imati veliko povjerenje. Kada god je trebalo naći mjere zaštite od bilo kojeg izvora opasnosti, u njihovim smjernicama našlo se razuman, siguran i ekonomski prihvatljiv odgovor. Ne moramo do kraja prihvatiti njihov stav, ali nas to može ohrabriti za ispravnu izmjenu limita za jakost električnog polja na razumnu vrijednost.

Opravdanje povjerenstva da je prijedlog Pravilnika razrađen na temelju načela opreznosti, nitko ne osporava, već se ukazuje na nepoštivanje tog načela u cijelosti. Načelo opreznosti glasi:

Načelo opreznosti predstavlja poduzimanje razboritih akcija kada postoje dovoljni znanstveni dokazi (ali ne i apsolutan dokaz) da bi pasivnost mogla dovesti do povrjeđivanja i gdje akcija može biti provedena po razumno prihvatljivim troškovima [21].

Zanemareni su razumno prihvatljiviji troškovi.

Slijedi jasan zaključak: HEP d.d. treba pokrenuti akciju za izmjenu granične vrijednosti za jakost električnog polja, za područje profesionalne izloženosti od 5,0 kV/m na 10,0 kV/m.

7.3.1 Changing the limit value of the strength of electric field in area of occupational exposure

Out of sixteen countries in Europe, twelve have the same or less strict requirements than Directive 2004/40/EC, and only **four** have stricter requirements, including, unfortunately, Croatia. Of the countries that have less strict requirements, it is necessary to single out Germany. Protection of the general population is regulated by federal law. The institution of Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik (BGFE) is in charge for protection of professional employees, and issues guidelines on occupational safety, known as BG-Vorschrift. Thus, places of electromagnetic fields are regulated by the provision BGV B11 (VBG 25). For the extremely low frequency of 50 Hz and electromagnetic fields, these guidelines anticipate three types of areas:

- 2) area of normal movement, where the limit strength of the electric field is 6,66 kV/m,
- 1) area of controlled work, for not longer than 8 hours, and a field strength of up to 21,32 kV/m,
- area of increased exposure, where the limit strength of the field is 30 kV/m, for a maximum of 2 hours per day.

There is an enormous difference in comparison to the Regulations.

Great confidence can be had in the institution of BGFE. Whenever it was necessary to find a protective measure from any source of danger whatsoever in their guidelines, an understandable, safe and economically acceptable response could be found. We need not accept their position entirely but it can encourage us to make correct changes in the limit of the strength of an electric field to a reasonable value.

The commission's explanation that the proposal of Regulations was prepared on the basis of the precautionary principle is disputed by no one, but it indicates a lack of respect for the principle in its entirety. The precautionary principle is as follows:

The precautionary principle is defined as taking prudent actions when there is sufficient scientific evidence (but not necessarily absolute proof) that inaction could lead to harm and where action can be justified on reasonable judgments of cost-effectiveness [21].

The reasonably acceptable costs were neglected.

A clear conclusion follows: HEP d.d. should inaugurate a campaign for changing the limit values for the strength of an electric field for area of occupational exposure from 5,0 kV/m to 10,0 kV/m.

7.3.2 Prilagođavanje odredbama Pravilnika za područje profesionalne izloženosti

Do promjene nekih odredbi Pravilnika je dugi, kako se ono kaže trnovit put. U međuvremenu ističu ili su već istekli rokovi probnih pogona, a za nepoduzimanje prikladnih mjera zaštite odgovaraju rukovoditelji tvrtke na više razina. Moguća su dva rješenja:

- Smanjenje trajanja rada i boravka u prostoru povećane jakosti električnog polja prema relaciji:

$$T_{\text{doz}} = \frac{5,0 \cdot 8}{E_{\text{sr}}}, \quad (5)$$

pri čemu je:

5,0 – dopuštena jakost električnog polja (kV/m),
8 – puno radno vrijeme u satima,
 E_{sr} – prosječna jakost električnog polja na mjestu rada (kV/m) i
 T_{doz} – dopušteno trajanje rada u satima u jednom danu.

Ovakav pristup predlaže Fakultet elektrotehnike i računarstva u svojoj studiji. Ograničavanje trajanja rada može u nekim sredinama izazvati potrebu za povećanjem broja radnika, primjerice za košnju trave.

- Korištenje ekransirajućih odijela, koja su protkana metalnim nitima, a koja na taj način stvaraju Faradayev kavez. Takva se odijela koriste pri radu pod naponom direktnom metodom, kada je radnik na potencijalu voda. Ovakvo rješenje bilo bi najpraktičnije.

Na temelju svih iznesenih podataka u ovom poglavlju nameće se jasan zaključak da u sklopu svih ostalih zahtjeva HEP d.d. traži izmjenu granične vrijednosti za jakost električnog polja, za područje profesionalne izloženosti od 5,0 kV/m na 10,0 kV/m.

Kao potvrda ispravnost ovakvog razmišljanja može poslužiti informacija dobivena od liječnika, gospodina dr. Vladimira Hoića, specijaliste medicine rada koji vodi ambulantu HEP-a u Zagrebu već punih 25 godina. Njegova izjava glasi kako za to cijelo vrijeme nije imao niti jedan slučaj obolijevanja od bilo koje vrste raka u populaciji zaposlenika elektrostruke jake struje. Ova populacija broji prosječno od 100 do 150

7.3.2 Adaptation to the provisions of the Regulations for area of occupational exposure

The path to the amendment of some of the provisions of the Regulations is long and thorny. In the meantime, the deadlines of the trial operations are expiring or have already expired, and the senior management of the company is responsible for not taking suitable safety measures. There are two possible solutions:

- Reducing the duration of work and presence in area of increased strength of electrical fields, according to the following relation:

where:

5,0 – permitted strength of the electric field (kV/m),
8 – full-time daily working hours,
 E_{sr} – average strength of the electric field at the workplace (kV/m), and
 T_{doz} – permitted duration of work in hours per day.

Such an approach is proposed by the Faculty of Electrical Engineering and Computing in its study. Restriction on the duration of work could increase the number of workers needed in some situations, for example for the mowing of grass.

- Using a shielding suit, which is woven with metal threads and in this manner creates a Faraday cage. Such suits are worn during work on energized power lines using the direct method, when a worker is at the same potential as the power line. Such a solution would be the most practical.

On the basis of all the data presented, it can be clearly concluded that within the framework of all the other demands, HEP d.d. should seek the amendment of the limit value for the strength of an electric field in area of occupational exposure from 5,0 kV/m to 10,0 kV/m.

Information obtained from a physician, Dr. Vladimir Hoić, a specialist in occupational medicine who has directed the HEP Clinic in Zagreb for 25 years, confirms the suitability of such an approach. He states that throughout this entire period, he has not encountered a single case of any type of cancer in the population of employees engaged with high power. This population has numbered on aver-

zaposlenika kroz tih 25 godina. U tom broju zaposlenika nalazi se i skupina uklopničara koja je živjela u stanovima tik uz ogradu trafostanica TS Rakitje i TS Resnik ili čak unutar ograde kao u TS Mraclin.

8 ZAKLJUČAK

Može se kazati da je Pravilnik prihvatljiv za područje izloženosti magnetskim poljima, dok u ostalim dijelovima ima pogreška i krivih rješenja, a za utjecaj električnih polja u područjima povećane osjetljivosti i profesionalne izloženosti propisao je nerazumna i ničim opravdana niska ograničenja. Nužna je revizija Pravilnika. Ovaj zaključak odnosi se samo na područje posebno niskih frekvencija 50 Hz i elektroenergetske izvore.

Na temelju izlaganja u članku HEP d.d. treba zatražiti od Ministarstva zdravstva i socijalne skrbi sljedeće izmjene i dopune Pravilnika:

- izmjenu naziva referentne veličine u neki drugi naziv, primjerice u granične vrijednosti,
- izbrisati sve odredbe koje se odnose na temeljna ograničenja, kao i tablicu 1 u Prilogu 1. Pravilnika,
- uvesti bolju poveznicu Između Zakona o zaštiti od neionizirajućeg zračenja [6] i Pravilnika o zaštiti od elektromagnetskih polja glede kaznenih odredbi – primjerice u preambuli Pravilnika dodati još članove Zakona 28., 29. i 30.,
- izmjenu definicije područja povećane osjetljivosti tako da se istakne kako u taj prostor pripadaju prostorije u školama, ustanovama predškolskog odgoja, itd.,
- ukinuti sve odredbe o periodičkim mjerenjima kod izvora koji tijekom vremena ne mijenjaju jakosti elektromagnetskih polja bez promjene nazivnih karakteristika,
- ukinuti članak 26., (kriterij od 10 %),
- izradu dodatka Pravilniku kojim bi se riješilo ograničavanje trajanja boravka (rada) u prostorima s jakostima elektromagnetskih polja iznad limita,
- izmjenu granične vrijednosti jakosti električnog polja za područje povećane osjetljivosti, od 2 kV/m na vrijednost od 5 kV/m,
- izmjena granične vrijednosti jakosti električnog polja za područje profesionalne izloženosti od 5,0 kV/m na vrijednost od 10,0 kV/m,
- izradu službenog komentara Pravilnika.

age between 100 to 150 employees during these 25 years. Among these employees are included a group of switch operators who lived in apartments right next to the fence of the Rakitje Transformer Substation and the Resnik Transformer Substation, or even within the fence at the Mraclin Transformer Substation.

8 CONCLUSION

It can be said that the Regulations are acceptable for the area of exposure to magnetic fields, while in other parts it has errors and incorrect solutions. For the effect of electric fields in areas of intensified sensitivity and of occupational exposure, incomprehensible and by no means justifiable low restrictions are stipulated. It is necessary to revise the Regulations. This conclusion refers solely to the area of extremely low frequencies, 50 Hz, and sources of electrical energy.

On the basis of the material presented in the article, HEP d.d. should seek the following amendments to the Regulations from the Ministry of Health and Social Welfare:

- change of the term reference values to some other term, for example limit values,
- revocation of all the provisions that refer to basic restrictions, as well as Table 1 in Annex 1 of the Regulations,
- introduction of a better link regarding penalty clauses between the Protection from Non-Ionizing Radiation Act [6] and the Regulations on Protection from Electromagnetic Fields. For example, Articles 28, 29 and 30 of the Act should be added to the preamble of the Regulations,
- change of the definitions for area of intensified sensitivity in order to emphasize that such places include premises in schools, preschool institutions etc.,
- revocation of all the provisions on periodical measurements at sources that over time do not change the strength of electromagnetic fields without changes in the nominal characteristics,
- revocation of Article 26 (criterion of 10 %),
- preparation of an annex to the Regulations, which would solve the restriction of the duration of presence (work) in places with electromagnetic fields of strengths exceeding the limits,
- change of the limit value for the strength of an electric field for area of intensified sensitivity, from 2 kV/m to a value of 5 kV/m,
- change of the limit value for the strength of an electric field for area of occupational exposure, from 5,0 kV/m to 10,0 kV/m, and
- preparation of an official commentary on the Regulations.

Nakon objave ovog članka može se očekivati prigovor izrađivača Pravilnika, kako ovi prijedlozi ne skrbu o zdravlju ni opće populacije ni profesionalnog osoblja. Takav prigovor nema mjesta. Kada netko podastre studiju ili elaborat u kojem će znanstveno dokazati da izloženost jakosti električnog polja od 10 kV/m kroz 8 sati rada izaziva trajna zdravstvena oštećenja moći će se tražiti strože normirano ograničenje i povećanje troškova koje takvo ograničenje prati.

After the publication of this article, criticism by the authors of the Regulations is to be anticipated that these proposals neither protect the health of the general population nor professional employees. Such criticism would be unfounded. When someone submits a study or report that scientifically demonstrates that exposure to an electric field of a strength of 10 kV/m for 8 hours of work causes permanent damage to health, it will be justifiable to seek stricter standard restrictions and increase the expenses that accompany such restrictions.

LITERATURA / REFERENCES

- [1] Pravilnik o zaštiti od elektromagnetskih polja, Narodne novine broj 204/2003
- [2] Guidelines for Limiting Exposure to Time-varying Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields (up to 300 GHz), ICNIRP, 1998
- [3] Council Recommendation of 12 July 1999 on the Limitation of Exposure of the General Public to Electromagnetic Fields (0 Hz to 300 GHz), No. 1999/519/EC
- [4] Directive 2004/40/EC of the European Parliament and of the Council of 29 April 2004
- [5] International EMF Project – EMF World Wide Standards, 2006
- [6] Zakon o zaštiti od neionizirajućeg zračenja, Narodne novine broj 105/1999
- [7] Pravilnik o ograničenjima jakosti elektromagnetskih polja za radijsku opremu i telekomunikacijsku terminalnu opremu, Narodne novine broj 183/2004
- [8] Legal Aspects of Electric and Magnetic Fields (EMF): A Comparative Study, EURELECTRIC, Brussels, 2000
- [9] PAVIĆ, A., BRAČIĆ, I., Mjerenje elektromagnetskih polja elektroprivrednih objekata i usporedba s međunarodnim preporukama i hrvatskim zakonom, ENCONET, Zagreb, 2001.
- [10] EMF – Handbuch, ECOLOG – Institut, Hannover, 2006
- [11] BATHOW.M., NIESSEN.P., EMF – Belastung an Büroarbeitsplätzen (Teil 1: Niederfrequente Magnetfelder), Elektrosmog Report 10(3) – März 2004
- [12] PAVIĆ.A., GRGIĆ.D. , Mjerenje i analiza različitih izvedbi te opterećenja nadzemnih vodova na razine elektromagnetskih polja mrežne frekvencije te usporedba s aktualnim zakonodavstvom, ENCONET, Zagreb, 2004.
- [13] Table of Calculated Magnetic Fields Produced by Underground Cables in Operation in UK: Electric and Magnetic Fields, NATIONAL GRID EMF
- [14] Elektromagnetische Felder am Arbeitsplätze, Bayerischen Staatsministerium für Gesundheit, 2001
- [15] Elektromagnetische Felder an Anlagen, Maschinen und Geräten, BIA-Report 6/2003
- [16] WHO Electromagnetic Fields (EMF), What are Electromagnetic Fields, Typical Exposure Levels at Home and Environment, 2006
- [17] Pravilnik o izmjenama Pravilnika o tehničkim normativima za izgradnju nadzemne energetske vodova nazivnog napona od 1 kV do 400 kV, Narodne Novine broj 24/1997
- [18] Numerical Calculations of Induced Currents: Electric and Magnetic Fields, Sources of EMFs, National Grid EMF, 2006
- [19] Elektromagnetska kompatibilnost, jakost polja i buka, Građevina TS 400/220/110 kV Žerjavinec, KONČAR, Inženjering za energetiku i transport d.d., 2004.
- [20] HAZNADAR,Z., ŠTIH, Ž., Proračun elektromagnetskih polja TS 400 / 110 kV Ernestinovo, FER, Zagreb, 2004.
- [21] CHADWICK, P., SIENKIEWIECZ, Z., Electromagnetic Fields, World Health Organization, Regional Office for Europe, 199

Uredništvo primilo rukopis:
2007-01-16

Manuscript received on:
2007-01-16

Prihvaćeno:
2007-01-24

Accepted on:
2007-01-24